

История науки — Том 3

Эдвард Хантингтон Уильямс
Генри Смит Уильямс

A History of Science — Volume 3

Henry Smith Williams and Edward



Project Gutenberg

Электронная книга проекта "Гутенберг" по истории науки — Том 3

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: История науки — Том 3

Автор: Генри Смит уильямс

Эдвард Хантингтон Уильямс

Дата выхода: 1 апреля 1999 [Электронная книга № 1707]

Последнее обновление: 29 января 2013

Язык: Английский

В титрах: Продюсеры Чарльз Келлер и Дэвид Уиджер

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА "ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА ГУТЕНБЕРГА По ИСТОРИИ НАУКИ" — ТОМ 3 ***

ИСТОРИЯ НАУКИ

АВТОР: ГЕНРИ СМИТ УИЛЬЯМС, доктор медицины, ДОКТОР права.

АССИСТИРОВАЛ ЭДВАРД Х. УИЛЬЯМС, доктор МЕДИЦИНЫ

В ПЯТИ ТОМАХ

ТОМ III.

Содержание

ПОДРОБНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

КНИГА III. СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

- I. ПРЕЕМНИКИ НЬЮТОНА В АСТРОНОМИИ
- II. ПРОГРЕСС СОВРЕМЕННОЙ АСТРОНОМИИ
- III. НОВАЯ НАУКА ПАЛЕОНТОЛОГИЯ
- IV. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИИ
- V. НОВАЯ НАУКА МЕТЕОРОЛОГИЯ
- VI. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРИИ ТЕПЛА И СВЕТА
- VII. СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И МАГНЕТИЗМА
- VIII. СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ
- IX. ЭФИР И ВЕСОМАЯ МАТЕРИЯ
- ПРИЛОЖЕНИЕ

Содержание

КНИГА III ГЛАВА I. ПРЕЕМНИКИ НЬЮТОНА В АСТРОНОМИИ Работа Иоганна Гевелиуса— Галлея и наблюдение Гевелиусом—Галлеем прохождения Меркурия и его метод определения параллакса планет—Наблюдение Галлеем метеоров—Его неспособность объяснить эти тела—Важная работа Джеймса Брэдли—Измерение Лакайлем дуги меридиана-Решение вопроса о точной форме земли—Д'Аламбер и его влияние на науку— История астрономии Делаμβра—Астрономические работы Эйлера. ГЛАВА II. ПРОГРЕСС

СОВРЕМЕННОЙ АСТРОНОМИИ Работы Уильяма Гершеля—Его открытие Урана—Его открытие того, что звезды являются солнцами—Его концепция вселенной—Его вывод о том, что гравитация вызвала группировку небесных тел—Туманность, гипотеза—Концепция образования мира Иммануила Канта—Дефекты концепции Канта—Окончательное решение проблемы Лапласом—Его подробное объяснение—Изменение ментального отношения к миру со времен Бруно—Астероиды и спутники—Открытия Ольберсла—Математические расчеты Адамса и Леверье —Открытие внутреннего кольца Сатурна—Статья Клерка Максвелла о стабильности колец Сатурна—Концепция Гельмгольца о действии приливного трения—Оценка профессором Г. Х. Дарвином последствий приливного воздействия—Кометы и метеоры—Кометная теория Бредихина—Окончательное решение структуры комет—Оценка Ньюкомбом количества кометной пыли, ежедневно поднимаемой землей—Неподвижные звезды—Исследования двойных звезд Джоном Гершелем—Усовершенствование Фраунгофером телескопа—рефрактора—Измерение Бесселя о параллаксе звезды—Измерения Хендерсона—Усовершенствование спектроскопа Кирхгофом и Бунзеном—Замечательные открытия спектроскопа—Оценка Лордом Кельвином времени, которое потребуется земле для полного охлаждения—Открытие Алваном Кларком звезды—компаньона Сириуса-Появление фотопленки в астрономии- Доктор Дж. Исследования туманностей Хаггинса — "Космогоническая догадка" сэра Нормана Локьера — преднебулярная теория Кролла. ГЛАВА III. НОВАЯ НАУКА ПАЛЕОНТОЛОГИЯ Уильям Смит и ископаемые раковины —Его открытие, что ископаемые породы расположены правильными системами—Исследования Смита, продолженные Кювье—Его окаменелости в костях, содержащие первое описание волосатого слона —Его утверждение, что окаменелости представляют только вымершие виды—Dr. Исследования Бакленда об английских окаменелостях-Чарльз Лайелл борется с катастрофизмом,—Разработка его идей относительно смены видов—Создание доктрины униформизма,— "Происхождение видов" Дарвина—Ископаемый человек,—Визит доктора Фальконера на окаменелости в долине Соммы, —Исследования Прествича и сэра Джона Эванса, - Открытие черепа неандертальца,—Отказ Кювье от человеческих окаменелостей, —Находка доисторической резьбы по слоновой кости, —Окаменелости Америки, —Профессор Марш статья об ископаемых лошадях в Америке — мастодонте Уоррена, окаменелости Явы, питекантропе прямоходящем. ГЛАВА IV. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИИ Джеймс Хаттон и изучение горных пород—Его теория земли—Его вера в вулканические катаклизмы при поднятии и формировании континентов—Его знаменитый доклад Королевскому обществу Эдинбурга, 1781 г. -Его выводы о том, что все слои земли берут свое начало на дне моря—Его вывод о том, что нагретая и расширяющаяся материя вызвала возвышение суши над уровнем моря—Безразличие, проявленное сначала в этой замечательной статье—Нептунисты против плутонистов—Классическая работа Скроупа о вулканах—Окончательное принятие объяснения Хаттона о происхождении гранитов—Лайель и униформизм-Наблюдения за постепенным повышением береговых линий Швеции и Патагонии—Наблюдения за постоянно происходящей огромной эрозией суши—Агассис и ледниковая теория—Перроден, охотник на серн, и его объяснение лежащих боулдеров-Принятие Де Шарпантье объяснения Перродена—Статья Агассиса о его альпийских исследованиях—Его вывод о том, что Альпы когда—то были покрыты ледяным покровом-Окончательное принятие ледниковой теории—Геологические эпохи—История возникновения работа Мерчисона и Седжвика —Формирование американских континентов — прошлого, настоящего и будущего. ГЛАВА V. НОВАЯ НАУКА МЕТЕОРОЛОГИИ

Исследования метеоров Био—Наблюдения Брандеса и Бензенберга за скоростью падающих звезд—Наблюдения профессора Олмстеда за метеоритным дождем 1833 года—Подтверждение гипотезы Хладни 1794 года—Северное сияние —Предположение Франклина о его электрическом происхождении —Его тесная связь с земным магнетизмом—Испарение, образование облаков и роса-Демонстрация Далтона о том, что вода существует в воздухе как независимый газ—Теория дождя Хаттона—Статья Люка Ховарда об облаках—Наблюдения за росой, сделанные профессором Уилсоном и мистером Дж. Шестой—Доктор Эссе Уэллса о росе—Его наблюдения над несколькими явлениями, связанными с росой—Изотермы и океанские течения—Гумбольдт и наука сравнительной климатологии—Его исследования океанских течений—Теория Мори о том, что сила тяжести является причиной океанских течений—Доктор Кролл о климате и времени—Циклоны и антициклоны,—Исследования Дава в области климатологии—Математический закон отклонения ветров профессора Феррела—Оценка Тиндаллом количества тепла, выделяемого при выделении фунта пара—Метеорологические наблюдения и прогнозы погоды. ГЛАВА VI. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРИИ ТЕПЛА И СВЕТА Джосайя Веджвуд и пирометр клэя —Граф Румфорд и вибрационная теория тепла—Его эксперименты со сверлильной пушкой для определения природы тепла — Заставляющие воду кипеть от трения сверла—Его окончательное определение того, что тепло является формой движения—Томас Янг и волновая теория света—Его статья по теории света и цветов—Его описание цветов тонких пластин—Цветов толстых пластин и полосатых поверхностей,—Араго и Френель отстаивают волновую теорию—возражение теории Био — Молчаливое признание Французской академией правильности теории путем принятия Френеля в члены. ГЛАВА VII. СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И МАГНЕТИЗМА Гальвани и начало современного электричества—Конструкция вольтовой батареи—Открытие Николсона и Карлайла о том, что гальванический ток разлагает воду—Разложение различных веществ сэром Хамфри Дэви—Его конструкция дуговой лампы—Отклонение магнитной стрелки электричеством, продемонстрированное Эрстедом—Эффект этого важного открытия—Ампер создает науку электродинамики—Исследования электромагнитов Джозефа Генри-Майкл Фарадей начинает свои исследования электромагнитной индукции—Его знаменитая статья в Королевском обществе в 1831, в котором он демонстрирует электромагнитную индукцию — Свое объяснение вращающегося диска Араго — Поиск удовлетворительного метода накопления электричества - рентгеновских лучей. ГЛАВА VIII. СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ Фарадей едва не упускает из виду открытие доктрины сохранения—Веру Карно в то, что определенное количество работы может быть преобразовано в определенное количество тепла—Работу Джеймса Прескотта Джоуля—Исследования, начатые доктором Майером—Статью Майера 1842 года-Его изложение закона сохранения энергии—Майера и Гельмгольца—Статью Джоуля 1843 года—Джоуля или Майера-лорда Кельвина и рассеяние энергии-Окончательное объединение. ГЛАВА IX. ЭФИР И ВЕСОМАЯ МАТЕРИЯ Джеймс Клерк-Концепция эфира Максвелла—Томас Янг и "Светоносный эфир" —Концепция Юнга и Френеля о поперечных светоносных волнах—Эксперименты Фарадея, указывающие на существование эфира—Предположение профессора Лоджа о двух эфирах—Расчет Лордом Кельвином вероятной плотности эфира—Вихревая теория атомов—Расчеты Гельмгольца в вихревых движениях —Аппарат профессора Тейта для создания вихревых колец в воздухе—Конечное строение материи, как оно понимается Босковичем—Рассуждения Дэви как к изменениям, происходящим в веществе вещества при различных температурах—

Исследования Клаузиуса и Максвелла по кинетической теории газов—Оценка размера молекулы Лордом Кельвином—Исследования потенциальной энергии молекул-Действие газов при низких температурах. ПРИЛОЖЕНИЕ

ИСТОРИЯ НАУКИ

КНИГА III. СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

С настоящей книгой мы вступаем в область отчетливо современного. Точной даты, когда мы рассматриваем каждую из последующих историй, нет, но основной размах развития в каждом случае связан с девятнадцатым веком. Мы сразу увидим, что это время как быстрого прогресса, так и большой дифференциации. До сих пор мы почти ничего не слышали о таких науках, как палеонтология, геология и метеорология, каждая из которых теперь требует полного внимания. Тем временем астрономия и то, что деятели древности называли натурфилософией, становятся удивительно разнообразными и представляют многочисленные фазы, которые были бы достаточно поразительными для звездочетов и философов более ранней эпохи.

Так, например, в области астрономии Гершель способен, благодаря своему усовершенствованному телескопу, открыть новую планету, а затем проникнуть в глубины космоса и получить такие знания о звездах и туманностях, о которых до сих пор никто не мог и мечтать. Затем, в быстрой последовательности, обнаруживается целый ряд доселе неизвестных малых планет, измеряются звездные расстояния, определяется время полета некоторых членов звездной галактики, исследуется направление движения самой солнечной системы, спектроскоп выявляет химический состав даже немыслимо удаленных солнц, и постигается реальная теория вселенского цикла, который включает рождение и смерть миров.

Подобным же образом новые исследования поверхности Земли раскрывают тайны формирования планет, до сих пор совершенно непостижимые. Становится известно, что слои земной поверхности формировались на протяжении неисчислимых веков и что сменявшие друг друга популяции, совершенно отличающиеся друг от друга, населяли землю в разные геологические эпохи. Вся точка зрения вдумчивых людей меняется при рассмотрении истории мира, в котором мы живем, хотя новейшая мысль в какой—то степени восходит к тем дням, когда вдохновенные мыслители древней Греции придумывали замечательные теории, с которыми наши читатели познакомились в предыдущих главах.

В области натурфилософии прогресс не менее заметен и не менее поразителен. Здесь, однако, в порядке предвосхищения достаточно просто назвать величайшее обобщение века в физической науке — доктрину сохранения энергии.

I. ПРЕЕМНИКИ НЬЮТОНА В АСТРОНОМИИ

ГЕВЕЛИЙ И ГАЛЛЕЙ

Как ни странно, десятилетие, следовавшее сразу за Ньютоном, было периодом сравнительной бесплодности научного прогресса, первые годы восемнадцатого века не были столь продуктивными для великих астрономов, как последние годы семнадцатого, или, если уж на то пошло, как последние годы самого восемнадцатого века. Однако некоторые из выдающихся астрономов конца семнадцатого века дожили до первых лет следующего столетия, и у молодого поколения вскоре сформировался круг астрономов, среди которых Эйлеру, Лагранжу, Лапласу и Гершелю, как мы увидим, предстояло совершить великие дела в этой области до конца столетия.

Одним из великих астрономов семнадцатого века, умершим незадолго до конца столетия, был Иоганн Гевелиус (1611-1687) из Данцига, который продвинул астрономию вперед благодаря своему точному описанию лика и пятен на Луне. Но его помнят также за то, что он своим влиянием затормозил прогресс, отказавшись использовать телескопические прицелы в своих наблюдениях, предпочитая до самой своей смерти простые прицелы, от которых задолго до этого отказались большинство других астрономов. Преимущества этих телескопических прицелов обсуждались в статье Роберта Гука, но Гевелиус никогда не признавал таких преимуществ. Репутация Гевелия как астронома была настолько велика, что его отказ признать преимущество телескопических прицелов заставил многих астрономов колебаться, прежде чем признать их превосходство над обычными; и даже знаменитый Галлей, о котором мы поговорим чуть позже, был настолько в сомнениях по этому поводу, что нанес визит престарелому астроному, чтобы проверить его умение пользоваться прицелами старого образца. Бок о бок Гевелий и Галлей проводили свои наблюдения, Гевелий со своим старым инструментом, а Галлей с новым. Результаты были немного в пользу молодого человека, но недостаточно для того, чтобы сделать это полностью убедительной демонстрацией. Объяснение этого, однако, заключалось не в недостатке превосходства телескопического инструмента, а скорее в изумительном мастерстве престарелого Гевелия, чья ловкость почти компенсировала дефект его инструмента. Можно только предполагать, чего бы он мог достичь, если бы его побудили взять на вооружение телескоп.

Сам Галлей в то время ни в коей мере не был новичком в астрономических вопросах. Как единственный сын богатого мыловара, жившего недалеко от Лондона, он получил гуманитарное образование и даже перед окончанием колледжа сделал такие новые научные наблюдения, как

изменение стрелки компаса. В девятнадцать лет он открыл новый метод определения элементов планетных орбит, который был явным улучшением по сравнению со старым. На следующий год он отплыл на остров Святой Елены, чтобы произвести наблюдения за небом в южном полушарии.

Именно находясь на острове Святой Елены, Галлей совершил свое знаменитое наблюдение прохождения Меркурия по диску Солнца, причем это наблюдение было связано, по крайней мере косвенно, с его открытием метода определения параллакса планет. Под параллаксом понимается кажущееся изменение положения объекта, на самом деле вызванное изменением положения наблюдателя. Таким образом, если мы представим себе двух астрономов, одновременно ведущих наблюдения за солнцем с противоположных сторон земли, то очевидно, что этим наблюдателям солнце будет казаться находящимся в двух разных точках неба. Половина угла, измеряющего эту разницу, будет известна как параллакс Солнца. Тогда это будет зависеть от расстояния Земли от солнца и длины радиуса земли. Поскольку фактическая длина этого радиуса была определена, параллакс любого небесного тела позволяет астроному определить точное расстояние до него.

Однако параллаксы могут быть определены одинаково хорошо, если два наблюдателя разделены точно известными расстояниями, на расстоянии нескольких сотен или тысяч миль друг от друга. Например, в случае прохождения Венеры по диску Солнца наблюдатель из Нью-Йорка отмечает изображение планеты, движущейся по диску Солнца, а также отмечает точное время этого наблюдения. Точно так же наблюдатель в Лондоне делает аналогичные наблюдения. Таким образом, зная расстояние между Нью-Йорком и Лондоном и разное время прохождения, можно рассчитать разницу параллаксов солнца и планеты, пересекающей его диск. Идея определения таким образом параллакса планет возникла или, по крайней мере, была развита Галлеем, и из этого явления он счел возможным сделать вывод о размерах всех планетных орбит. Как мы увидим далее, более поздние астрономы признали его взгляды правильными.

В 1721 году Галлей сменил Флемстида на посту королевского астронома Гринвичской обсерватории. Хотя в то время ему было шестьдесят четыре года, его деятельность в области астрономии не ослабевала еще в течение двадцати лет. В Гринвиче он предпринял несколько утомительных наблюдений за Луной и во время этих наблюдений первым обнаружил ускорение среднего движения. Однако он не смог объяснить это, и Лапласу в последние годы столетия оставалось сделать это, как мы увидим позже.

Книга Галлея "Краткий астрономический обзор" является одним из самых ценных дополнений к астрономической литературе со времен Кеплера. Он был первым, кто попытался рассчитать орбиту кометы, возродив древнее мнение о том, что кометы принадлежат солнечной системе и движутся по эксцентричным орбитам вокруг солнца, и его расчет орбиты кометы 1682 года позволил ему правильно предсказать возвращение этой кометы в 1758 году. Исследование Галлеем метеоров.

Как и другие астрономы своего времени, он был сильно озадачен хорошо известными явлениями падающих звезд, или метеоров, проводя многие наблюдения самостоятельно и тщательно изучая наблюдения других астрономов. В 1714 году он изложил свои взгляды на происхождение и состав этих таинственных пришельцев из атмосферы Земли. Поскольку эта

тема будет вновь затронута в одной из последующих глав, представляют интерес взгляды Галлея, представляющие наиболее передовые взгляды его эпохи.

"Теория воздуха, - говорит он, - кажется, в настоящее время совершенно понятной, и различия в его плотности на всех высотах; ибо, предположив, что один и тот же воздух занимает пространства, пропорциональные количеству находящегося сверху воздуха, я в другом месте доказал, что на высоте сорока миль воздух разрежен в три тысячи раз больше, чем у поверхности земли; и что предельная высота атмосферы, которая отражает свет в полумраке, составляет не более сорока пяти миль, несмотря на это, все еще очевидно, что некоторые пары и те, что в немалом количестве, поднимаются почти на такую высоту. Пример этого может быть приведен в том большом свете, о котором общество имело отчет (см. Сентябрь 1676 г.) от доктора Уоллиса, которого видели в очень отдаленных графствах почти по всей южной части Англии. О котором, хотя доктор и не мог получить столь точных сведений, которые были необходимы для определения его высоты, все же из тех отдаленных мест, где его видели, оно не могло не быть высотой в очень много миль.

Точно так же тот метеор, который был замечен в 1708 году, 31 июля, между девятью и десятью часами вечера, очевидно, находился на высоте от сорока до пятидесяти миль перпендикулярно и, насколько я могу судить, близко от Шернесса и буя на Норе. Ибо в Лондоне его видели движущимся горизонтально с востока на север, с востока на юг на высоте не менее пятидесяти градусов, а в Редгроуве, в Саффолке, на Ярмут-роуд, примерно в двадцати милях от восточного побережья Англии и по меньшей мере в сорока милях к востоку от Лондона, он появился немного западнее юга, предположим, с юга на запад, и был замечен на высоте около тридцати градусов, скользящим наклонно вниз. В обоих местах мне было показано его положение, которое соответствовало описанию, но я хотел бы, чтобы какой-нибудь человек, сведущий в астрономических вопросах, не видел его, чтобы мы могли с большей уверенностью сказать о его высоте. И все же, как бы то ни было, мы можем с уверенностью заключить, что он находился ненамного дальше к западу от Редгроува, который, как я уже говорил, примерно на сорок миль восточнее Лондона. Предположим, следовательно, что там, где он перпендикулярен, он находился в тридцати пяти милях к востоку от Лондона, и по высоте, на которой он появился в Лондоне, а именно в пятидесяти градусах, его касательная составит сорок две мили, что соответствует высоте метеорита над поверхностью земли; что также является скорее наименьшим значением, потому что высота указанного мне места скорее больше, чем меньше пятидесяти градусов; и подобный вывод можно сделать по высоте, на которой он появился в Редгроуве, примерно в семидесяти милях от нас. Хотя на таком большом расстоянии казалось, что он движется с невероятной скоростью, пронесшись за считанные секунды примерно на двенадцать градусов большого круга с севера на юг, при своем первом появлении он был очень ярким; и он исчез к востоку от своего курса, оставив на некоторое время бледную белизну в том месте, с некоторыми ее остатками на том пути, по которому он прошел; но не было слышно ни шипящего звука, когда он пролетал, ни отскока взрыва.

"Возможно, достойно размышления достопочтенного общества то, как такое огромное количество пара должно подниматься к верхним слоям атмосферы и собираться там, чтобы при его восхождении или ином освещении давать свет кругу диаметром более ста миль, не намного уступающий свету луны; так, как можно увидеть, вынув булавку из земли в темную ночь. Трудно представить, какого рода испарения должны подниматься от земли под действием солнца или

подземного тепла, чтобы преодолеть чрезвычайный холод и разреженность воздуха в этих верхних областях: но факт неоспорим, и поэтому требует решения ".

Из этой большей части статьи следует, что существовало общее мнение, что эта горящая масса была нагретым паром, выброшенным с земли каким-то таинственным образом, но это не удовлетворяет Галлея, поскольку после упоминания различных других метеоров, которые появлялись в пределах его знаний, он продолжает говорить:

"Что это должно быть за вещество, которое могло быть так возбуждено и воспламенено одновременно? В северо-восточных частях света нет Вулкана или другого Источника подземного огня, о котором мы когда-либо слышали, откуда он мог бы исходить.

"Я много размышлял над этим явлением и считаю его одной из самых труднообъяснимых вещей, с которыми я когда-либо сталкивался в явлениях метеоров, и я склонен думать, что это должно быть какое-то скопление материи, образовавшееся в эфире, так сказать, в результате какого-то случайного скопления атомов, и что земля встретила с ним, когда он проходил по своей орбите, тогда еще только сформировавшейся, и до того, как она получила какой-либо сильный импульс при спуске к солнцу. Ибо направление его было точно противоположно направлению движения Земли, которая в то время составляла угол с меридианом в шестьдесят семь градусов, то есть его курс был с запада-юго-запада на восток-северо-восток, поэтому метеор, казалось, двигался в противоположную сторону. И помимо того, что он попал под силу земному притяжению и потерял свое движение из-за противодействия среды, кажется, что он спустился к земле и погас в Тирренском море, к западу-юго-западу от Ливорно. Сильный удар, раздающийся при первом погружении железа в воду, и грохот, подобный движению телеги по камням, - вот что последовало за его закалкой; нечто подобное всегда слышно при закалке очень горячего железа в воде. Поскольку эти факты не подлежат оспариванию, я был бы рад узнать мнение ученых по этому поводу и узнать, какие разумные возражения могут быть выдвинуты против вышеупомянутой гипотезы, которую я смиренно переношу на их порицание".(1)

Эти несколько абзацев, написанных ведущим астрономом восемнадцатого века, яснее любых комментариев передают фактическое состояние метеорологических знаний в то время. То, что этот огненный шар, несущийся "со скоростью, превышающей скорость самого быстрого пушечного ядра", был просто массой раскаленного камня, проходящей через нашу атмосферу, ему не пришло в голову, или, по крайней мере, ему не поверили. Это неудивительно, если вспомнить, что в то время всемирное тяготение было открыто совсем недавно; тепло еще не было признано просто формой движения; а гром и молния были необъяснимыми тайнами, которые не будут объяснены еще три четверти века. В главе, посвященной метеорологии, мы увидим, как в конце концов была достигнута разгадка этой тайны, которая всю жизнь ставила Галлея и его коллег в тупик.

БРЭДЛИ И АБЕРРАЦИЯ СВЕТА

Галлея сменил на посту королевского астронома человек, чьи полезные дополнения к науке не были признаны или оценены в полной мере до тех пор, пока их не обнародовал прусский астроном Бессель в начале девятнадцатого века. Это был доктор Джеймс Брэдли, священнослужитель, считающийся одним из самых выдающихся астрономов восемнадцатого века. Его самым замечательным открытием было объяснение своеобразного движения

полярной звезды, впервые замеченного, но не объясненного Пикардом столетие назад. В течение многих лет Брэдли и его коллеги-астрономы безуспешно искали удовлетворительного объяснения, но, наконец, ему удалось продемонстрировать, что звезда старого Дракона, над которой он проводил свои наблюдения, описывает или казалось, что описывает небольшой эллипс. Если это наблюдение было правильным, оно давало возможность вычислить аберрацию любой звезды в любое время суток. Объяснение физической причины этой аберрации, как считал Брэдли и впоследствии продемонстрировал, было результатом сочетания движения света с годовым движением земли. Брэдли впервые сформулировал эту теорию в 1728 году, но только в 1748 году — через двадцать лет непрерывной борьбы и наблюдений — он был готов сообщить о результатах своих усилий Королевскому обществу. Француз Деламбр считает, что эта замечательная статья дает ее автору право занять место в науке рядом с такими астрономами, как Гиппаркус и Кеплер.

Исследования Брэдли привели его также к открытию либрационного движения земной оси. "Поскольку это появление Дракона указывало на уменьшение наклона земной оси к плоскости эклиптики, - говорит он, - и поскольку некоторые астрономы предположили, что этот наклон регулярно уменьшается, если бы это явление зависело от такой причины и составляло 18" за девять лет, наклон эклиптики с такой скоростью менялся бы на целую минуту за тридцать лет; что намного быстрее, чем позволяют любые ранее сделанные наблюдения. Следовательно, у меня были основания думать, что по крайней мере какая-то часть этого движения, если не все целиком, было вызвано действием Луны на экваториальные части земли; что, как я предполагал, могло вызвать либрационное движение земной оси. Но поскольку я был не в состоянии судить по результатам всего лишь девятилетних наблюдений, восстановит ли ось полностью то же положение, которое она имела в 1727 году, я счел необходимым продолжить свои наблюдения в течение всего периода лунных узлов; в конце которого я с удовлетворением увидел, что звезды снова вернулись в то же положение; как будто вообще не произошло никаких изменений в наклоне земной оси; что полностью убедило меня в том, что я правильно угадал причину явлений. Это обстоятельство доказывает также, что если происходит постепенное уменьшение наклона эклиптики, то это происходит не только из-за изменения положения земной оси, но скорее из-за некоторого изменения плоскости самой эклиптики; потому что звезды в конце периода узлов Луны появлялись в тех же местах относительно экватора, как они должны были бы быть, если бы земная ось сохраняла тот же наклон к неизменной плоскости".(2)

ФРАНЦУЗСКИЕ АСТРОНОМЫ

Между тем астрономы по ту сторону ла-Манша отнюдь не бездействовали. Во Франции несколько успешных наблюдателей внесли множество дополнений в и без того длинный список наблюдений первого астронома Парижской королевской обсерватории Доминика Кассини (1625-1712), чья репутация среди современников была намного выше, чем среди последующих поколений астрономов. Возможно, самым достойным из этих преемников был Николя Луи де Лакайль (1713-1762), богослов, получивший образование за счет герцога Бурбонского и вскоре после завершения своего духовного образования попавший под покровительство Кассини, внимание которого было привлечено к интересу молодого человека к наукам. Одним из первых достижений Лакайля было повторное измерение французского меридиана, который был неправильно измерен его покровителем в 1684 году. Это было начато в 1739 году и занимало его

в течение двух лет, прежде чем успешно завершилось. Однако в качестве награды он был принят в академию и назначен профессором математики в колледже Мазарини.

В 1751 году он отправился на мыс Доброй Надежды с целью определения параллакса солнца путем наблюдений параллаксов Марса и Венеры, а заодно и для наблюдения за другими звездами южного полушария. Результаты этого начинания были наиболее успешными и были приведены в его книге "*Coelum australe stelligerum*" и др., опубликованной в 1763 году. В нем он показывает, что в течение одного года он наблюдал около десяти тысяч звезд и вычислил расположение тысячи девяти сот сорока двух из них, измерил градус меридиана и произвел множество наблюдений за Луной - продуктивная промышленность, редко сравнимая за один год в какой-либо области. Эти наблюдения оказали большую услугу астрономам, поскольку дали возможность сравнить звезды южного полушария с теми, что были в северном, которые одновременно наблюдал Леланд в Берлине.

Наблюдения Лакайля непосредственно следовали за решением захватывающего вопроса, который привлек внимание астрономов в начале века. Этот вопрос касался формы земли — действительно ли она была сплюснута у полюсов. Чтобы раз и навсегда решить этот вопрос, Академия наук решила произвести фактическое измерение длины в два градуса, один как можно ближе к полюсу, другой - на экваторе. Соответственно, три астронома, Годен, Буге и Ла Кондамин, совершили путешествие в точку на экваторе в Перу, в то время как четыре астронома, Камю, Клеро, Мопертюи и Лемонье, совершили путешествие в выбранное место в Лапландии. Результатом этих экспедиций стало определение того, что земной шар имеет сплюснутую сфероидальную форму.

Великим современником и соотечественником Лакайля был Жан Ле Рон д'Аламбер (1717-1783), который, хотя и не был в первую очередь астрономом, своими математическими расчетами так много сделал для помощи этой науке, что его имя тесно связано с ее прогрессом в восемнадцатом веке. Д'Аламбер, ставший одним из самых известных ученых своего времени и к услугам которого с нетерпением прибегали правители Европы, начал жизнь подкидышем, выставленным на продажу на одном из рынков Парижа. Болезненный младенец был усыновлен, о нем заботились в семье бедного стекольщика, и к нему относились как к члену семьи. Однако в последующие годы, после того как подкидыш прославился на всю Европу, его мать, мадам Тенсен, послала за ним и признала свое родство. Более чем вероятно, что великий философ поверил ее рассказу, но если это так, он не доставил ей удовольствия узнать о его вере, всегда заявляя, что мадам Тенсен "не может быть ему ближе, чем мачеха, поскольку его мать была женой стекольщика".

Д'Аламбер много сделал для дела науки как своим примером, так и своими открытиями. Ведя простую, но честную жизнь, отклоняя великолепные предложения должностей от королевских покровителей, в то же время отказываясь пресмыкаться перед знатью, он подал достойный пример другим философам, чье раболепное и малодушное отношение к богатым или занимающим положение людям до сих пор вызывало у них презрение высших классов.

Его непосредственными дополнениями к астрономии являются несколько, среди прочих определение изменения оси Земли. Он также определил соотношение сил притяжения солнца и Луны, которое оказалось примерно равным семи к трем. Исходя из этого, он пришел к выводу, что земля должна быть в семьдесят раз больше Луны. Первые два тома его Исследований систем мира, опубликованных в 1754 году, в основном посвящены математическим и

астрономическим проблемам, многие из которых сейчас не имеют большого значения, но представляли большой интерес для астрономов того времени.

Другим великим современником Д'Аламбера, чье имя тесно ассоциируется и часто путается с его именем, был Жан Батист Жозеф Деламбр (1749-1822). Более удачливый по рождению, а также по своим образовательным преимуществам, Деламбр в юности начал учиться у знаменитого поэта Делиля. Позже ему пришлось бороться с бедностью, какое-то время он зарабатывал на жизнь переводами с латыни, греческого, итальянского и английского языков и работал репетитором в частных семьях. Поворотный момент в его судьбе наступил, когда внимание Лаланда привлекла к молодому человеку его замечательная память, и вскоре Лаланд выразил свое восхищение, предложив Деламбру решить несколько сложных астрономических задач. Благодаря успешному выполнению этих задач его будущее как астронома стало обеспеченным. В то время планета Уран только что была открыта Гершелем, и Академия наук предложила в качестве предмета для одной из своих премий определение орбиты планеты. Деламбр принял это решение и выиграл приз — подвиг, который сразу же принес ему известность.

Своими трудами он, вероятно, сделал для совершенствования современной астрономии не меньше, чем любой другой человек. Его История астрономии - это не просто рассказ о прогрессе астрономии, но полное изложение всех знаменитых работ, написанных на эту тему. Таким образом, он прославился как историк, так и астроном.

ЛЕОНАРД ЭЙЛЕР

Еще одним современником Д'Аламбера и Деламбра и несколько старше любого из них был Леонард Эйлер (1707-1783) из Базеля, чья слава как философа равна славе любого из великих французов. Он представляет здесь особый интерес как астроном, но астрономия была лишь одной из многих областей науки, в которых он блистал. Несомненно, чего-то необычного следовало ожидать от человека, который мог "без колебаний повторить "Энеиду" Вергилия от начала до конца и указать первую и последнюю строку каждой страницы издания, которым он пользовался". Чего-то ожидали, и он оправдал эти ожидания.

В юности он посвятил себя изучению теологии и восточных языков по просьбе своего отца, но его любовь к математике оказалась слишком сильной, и, с согласия отца, он в конце концов отказался от классических занятий и обратился к своему любимому предмету - геометрии. В 1727 году Екатерина I пригласила его поселиться в Санкт-Петербурге, и, приняв это приглашение, он был назначен членом Академии наук. Чуть позже он стал профессором физики, а в 1733 году профессором математики. В 1735 году он за три дня решил задачу, за которую некоторые выдающиеся математики не взялись бы раньше, чем за несколько месяцев. В 1741 году Фридрих Великий пригласил его в Берлин, где он вскоре стал членом Академии наук и профессором математики; но в 1766 году он вернулся в Санкт-Петербург. К концу своей жизни он практически ослеп, будучи вынужденным диктовать свои мысли, иногда людям, совершенно несведущим в рассматриваемом предмете. Тем не менее, его замечательная память, еще более обострившаяся из-за его слепоты, позволяла ему выполнять сложные вычисления, которые часто требовались.

Первые мемуары Эйлера, переданные Парижской академии наук в 1747 году, были посвящены планетарным возмущениям. Эти мемуары принесли ему премию, которая была присуждена за

аналитическую теорию движения Юпитера и Сатурна. Последовали другие мемуары, один в 1749 году, другой в 1750 году, с дальнейшим развитием той же темы. Поскольку в них были обнаружены некоторые незначительные ошибки, такие как ошибка в некоторых формулах, выражающих вековые и периодические неравенства, академия предложила тот же предмет для присуждения премии 1752 года. Эйлер снова участвовал в конкурсе и получил и этот приз. Содержание этих мемуаров заложило основу для последующей демонстрации Лапласом и Лагранжем постоянной стабильности планетной системы.

Именно Эйлер также продемонстрировал, что в определенных фиксированных пределах эксцентриситеты и расположение афелий Сатурна и Юпитера подвержены постоянным изменениям, и он вычислил, что по прошествии примерно тридцати тысяч лет элементы орбит этих двух планет восстанавливают свои первоначальные значения.

II. ПРОГРЕСС СОВРЕМЕННОЙ АСТРОНОМИИ

НОВАЯ эпоха в астрономии начинается с работ Уильяма Гершеля, ганноверца, которого Англия сделала своим усыновителем. Он был человеком с несомненным талантом к звездным открытиям. Поначалу простой любитель астрономии, он улучил время от своих обязанностей учителя музыки, чтобы отточить телескопическое зеркало, и начал смотреть на звезды. Не удовлетворившись своим первым телескопом, он изготовил еще один и еще, и у него был такой талант к работе, что вскоре он обладал инструментом лучше, чем когда-либо создавался прежде. Его терпение при шлифовании изогнутой отражающей поверхности было монументальным. Иногда в течение шестнадцати часов подряд он должен неуклонно ходить вокруг зеркала, полируя его, ни разу не убирая рук. Тем временем его сестра, всегда его старший лейтенант, подбадривала его своим присутствием и время от времени клала ему в рот еду. Закончив работу телескопа, астроном превратил ночь в день и от заката до восхода солнца, год за годом, безостановочно обозревал небеса, если только этому не мешали облака или яркость луны. Его сестра всегда сидела рядом с ним, записывая его наблюдения. Они были на открытом воздухе, забравшись высоко на край рефлектора, и иногда было так холодно, что чернила замерзали во флаконе в руке Кэролайн Гершель; но два энтузиаста едва ли замечали такую обычную вещь, как земная погода. Они жили в далеких мирах.

Каковы результаты? Какими они могли бы быть? Такой энтузиазм свернул бы горы. Но, в конце концов, перемещение гор кажется лилипутской задачей по сравнению с тем, что на самом деле сделал Гершель с помощью этих замечательных телескопов. Он двигал миры, звезды, вселенную — даже, если вам угодно, галактику вселенных; по крайней мере, он доказал, что они движутся, что кажется едва ли менее удивительным; и он расширил космос, каким его представляет себе человек, до размеров, в тысячи раз превышающих прежние. Для начала он удвоил диаметр Солнечной системы, наблюдая за большой удаленной планетой, которую мы сейчас называем Уран, но которую он окрестил *Georgium Sidus* в честь своего государя и

которую его французские современники, которым это имя не нравилось, предпочитали называть Гершелем.

Это открытие было сущей мелочью по сравнению с тем, что Гершель сделал позже, но, тем не менее, оно принесло ему всемирную известность. Если не считать комет и лун, это было первое дополнение к солнечной системе, сделанное в историческое время, и оно произвело настоящий фурор, вызвав всеобщий интерес и энтузиазм. Между прочим, король Георг был польщен тем, что в его честь назван мир, улыбнулся астроному и пришел со своим двором взглянуть на своего тезку. Осмотр был в высшей степени удовлетворительным, и вскоре королевская милость позволила астроному избежать рабства преподавания музыки и посвятить все свое время более приятному занятию - созерцанию звезд.

Освободившись таким образом от бремени мирских затруднений, он с новым энтузиазмом обратился к небесам, и его открытия следовали одно за другим в ошеломляющем изобилии. Он обнаружил различные доселе невиданные спутники наших сестринских планет; он провел специальные исследования Сатурна и доказал, что эта планета со своими кольцами вращается вокруг своей оси; он изучил пятна на солнце и предположил, что они влияют на погоду нашей земли; короче говоря, он расширил всю область солнечной астрономии. Но очень скоро эта область стала для него слишком мала, и его самые важные исследования привели его в области космоса, по сравнению с которыми протяженность нашей солнечной системы - всего лишь точка. С помощью своих усовершенствованных телескопов он открыл бездонные просторы, в которые раньше не проникала ни одна человеческая ева, которые ни один человеческий разум до сих пор не представлял себе более чем смутно. Он говорит нам, что его сорокафутовый отражатель будет доставлять ему свет с расстояния "по меньшей мере в одиннадцать и три четверти миллионов миллионов миллионов миль" — свет, который покинул свой источник два миллиона лет назад. Самыми маленькими звездами, видимыми невооруженным глазом, являются звезды шестой звездной величины; он считает, что этот телескоп способен обнаруживать звезды 1342d звездной величины.

Но что узнал Гершель об этих ужасных глубинах космоса и звездах, населяющих их? Это было то, что мир хотел знать. Коперник, Галилей, Кеплер дали нам солнечную систему, но звезды оставались загадкой. Что говорит великий отражатель — являются ли звезды точками света, как учили древние и как до сих пор утверждают не один философ восемнадцатого века, или же они солнца, как придерживаются другие? Гершель отвечает: это солнца, каждое из миллионов - многие из них больше того, которое является центром нашей крошечной системы. Более того, они являются движущимися солнцами. Вместо того, чтобы быть неподвижными в пространстве, как считалось ранее, они вращаются по гигантским орбитам вокруг некоего общего центра. Является ли наше солнце таким центром? Далеко не так. Наше солнце — всего лишь звезда, подобная всем остальным, вращающаяся вместе со своими спутниками, наше гигантское солнце - звезда, ничем не отличающаяся от мириадом других звезд, даже не такая большая, как некоторые; просто незначительная искорка материи в бесконечном ливне искр.

И это еще не все. Заглядывая за пределы нескольких тысяч звезд, видимых невооруженным глазом, Гершель видит серию за серией более отдаленных звезд, объединенных в миллионы галактик; но, наконец, он достигает расстояния, за которым галактики больше не увеличиваются. И все же — так он думает — он не достиг пределов своего видения. Что тогда? Он подошел к границам звездной системы — увидел границы Вселенной. Он верит, что может

описать эту систему, эту вселенную, и доказать, что она имеет форму неправильного шара, сплюснутого почти до размеров диска и разделенного с одного края — раздвоение, которое видно даже невооруженным глазом в разветвлении Млечного Пути.

Итак, это и есть наша вселенная, какой ее представляет себе Гершель, — огромная галактика солнц, удерживаемая в одном центре, вращающаяся, уравновешенная в пространстве. Но даже здесь эти чудесные телескопы не останавливаются. Далеко-далеко за пределами нашей вселенной, так далеко, что чудовищный размах нашей собственной системы мог бы служить единицей измерения, открываются другие системы, другие вселенные, подобные нашей, каждая из которых состоит, как он думает, из мириад солнц, сгруппированных, подобно нашей галактике, в изолированную систему — просто островки материи в бесконечном океане пространства. Эти ныне открытые Гершелем вселенные настолько далеки от нашей вселенной, что их свет достигает нас лишь в виде тусклого, туманного свечения, в большинстве случаев невидимого невооруженным глазом. Когда Гершель начал свои исследования, было известно около сотни таких туманностей. До конца столетия он открыл еще около двух тысяч таких звезд, и многие из них были преобразованы его самыми большими телескопами в скопления звезд. Он полагал, что самая дальняя из этих туманностей, которую он мог видеть, была по меньшей мере в триста тысяч раз дальше от нас, чем ближайшая неподвижная звезда. Однако эта ближайшая звезда — как доказывают более поздние исследования — настолько удалена, что ее свету, проходящему сто восемьдесят тысяч миль в секунду, требуется три с половиной года, чтобы достичь нашей планеты.

Словно для того, чтобы внести последние штрихи в эту новую схему космологии, Гершель, хотя в основном очень мало склонный к необоснованному теоретизированию, позволяет себе привилегию одного убеждения, для подтверждения которого он не может обратиться к своему телескопу. Он думает, что все мириады солнц его бесчисленных систем обладают инстинктом жизни в человеческом смысле этого слова. Джордано Бруно и длинная череда его последователей считали, что некоторые из наших сестринских планет могут быть обитаемыми, но Гершель расширяет эту мысль, включив в нее луну, солнце, звезды - все небесные тела. Он считает, что может продемонстрировать обитаемость нашего собственного солнца, и, рассуждая по аналогии, твердо убежден, что все солнца всех систем "хорошо обеспечены обитателями". В этом, как и в некоторых других выводах, Гершель введен в заблуждение несовершенной физикой своего времени. Будущие поколения, работающие с усовершенствованными приборами, возможно, не поддержат его даже на всем протяжении его наблюдений, не говоря уже о его выводах. Но как съезживается чей-то эгоизм по мере того, как человек осознает важность своих стремительных мыслей!

Продолжая свои наблюдения за бесчисленными туманностями, Гершель вскоре приходит к другому любопытному умозрительному выводу. Он отмечает, что некоторые звездные группы сгруппированы гораздо плотнее, чем другие, и приходит к выводу, что такое разнообразное скопление говорит о разном возрасте различных туманностей. Он думает, что сначала все пространство могло быть равномерно усеяно звездами и что группировка произошла в результате действия гравитации.

"То, что Млечный Путь представляет собой обширнейший слой звезд различных размеров, больше не вызывает стойких сомнений, - заявляет он, - и то, что наше солнце на самом деле является одним из принадлежащих ему небесных тел, столь же очевидно. Теперь я рассмотрел

и измерил эту сияющую зону почти во всех направлениях и обнаружил, что она состоит из звезд, количество которых ... постоянно увеличивается и уменьшается пропорционально их видимой невооруженным глазом яркости.

"Предположим, что бесчисленные звезды различных размеров рассеяны по неопределенному участку пространства таким образом, что они почти равномерно распределены по всему пространству. Законы притяжения, которые, без сомнения, распространяются на самые отдаленные области неподвижных звезд, будут действовать таким образом, что, скорее всего, приведут к следующим эффектам:

"В первом случае, поскольку мы предположили, что звезды имеют разную величину, случится так, что звезда, будучи значительно больше соседних, будет привлекать их сильнее, чем они будут притягиваться другими, находящимися непосредственно вокруг них; это означает, что со временем они будут как бы уплотняться вокруг центра или, другими словами, сформируются в скопление звезд почти шаровидной формы, более или менее правильное в зависимости от размера и расстояния до окружающих звезд....

"Следующий случай, который также будет происходить почти так же часто, как и первый, заключается в том, что несколько звезд, хотя и не превосходящих по размеру остальные, могут оказаться гораздо ближе друг к другу, чем окружающие ... и такая конструкция допускает крайнее разнообразие форм

"Из состава и повторяющегося соединения обоих вышеупомянутых образований может быть выведено третье, когда множество крупных звезд или объединенные мелкие расположены длинными, вытянутыми, правильными или изогнутыми рядами, полосами или ветвями; поскольку они также будут притягивать окружающие звезды, чтобы образовать фигуры сгущенных звезд, удивительно похожие на первые, которые дали начало этим сгущениям.

Мы также можем допустить еще более обширные комбинации; когда в то же самое время, когда в одной части пространства формируется скопление звезд, может быть другое скопление в другой, но, возможно, не очень удаленной четверти, что может привести к взаимному сближению к их собственному центру тяжести.

"В конце концов, как естественный вывод из предыдущих случаев, в результате отступления звезд к различным центрам, которые их притягивают, образуются большие полости или вакансии".(1)

Заглядывая в будущее, кажется, что должно наступить время, когда все солнца системы соберутся вместе и будут уничтожены в результате столкновения в общем центре. Гершелю кажется, что самые плотные скопления уже "изжили себя" и приближаются к своей гибели.

Но опять же, другие туманности имеют вид, наводящий на мысль об обратном состоянии. Они не могут быть преобразованы в звезды, но имеют почти однородный вид повсюду, и поэтому считается, что они состоят из светящейся жидкости, которая в некоторых случаях конденсируется в центре в светящуюся массу. В такой туманности Гершель думает, что видит солнце в процессе формирования.

НЕБУЛЯРНАЯ ГИПОТЕЗА КАНТА

Взятые вместе, эти две концепции очерчивают величественный цикл формирования и разрушения мира — широкую схему космогонии, подобную той, что была смутно обозначена двумя столетиями ранее Кеплером, а в более поздние времена Райтом и Сведенборгом. Эта так называемая "небулярная гипотеза" предполагает, что вначале все пространство было равномерно заполнено космической материей в состоянии туманной диффузии, или "огненного тумана", "бесформенной и пустой". Он изображает конденсацию — коагуляцию, если хотите, — частей этой массы с образованием отдельных масс и окончательное развитие из этих масс звездных тел, которые мы видим.

Возможно, первое подробное изложение этой идеи было дано великим немецким философом Иммануилом Кантом (родился в Кенигсберге в 1724 году, умер в 1804 году), известным всем как автор "Критики чистого разума". Давайте узнаем из его собственных слов, как, по мнению философа с богатым воображением, возник мир.

"Я предполагаю, - говорит Кант, - что весь материал, из которого состоят глобусы, принадлежащие нашей солнечной системе, — все планеты и кометы, — в начале всего сущего был разложен на свои первичные элементы и заполнил все пространство вселенной, в котором теперь вращаются образованные из него тела. Это естественное состояние, если рассматривать его само по себе, без какой-либо привязки к системе, кажется самым простым, которое ни из чего не может следовать. В то время еще ничего не было сформировано. Расположение небесных тел на расстоянии друг от друга, их расстояния регулируются их притяжением, их форма, возникающая из равновесия собранной в них материи, демонстрирует более позднее состояние.... В области пространства, заполненной таким образом, всеобщий покой может длиться лишь мгновение. Элементы обладают существенными силами, с помощью которых они приводят друг друга в движение, и, таким образом, сами являются источником жизни. Материя немедленно начинает стремиться формировать саму себя. Рассеянные элементы более плотного вида посредством своего притяжения собирают из окружающей их сферы все вещество с меньшим удельным весом; опять же, сами эти элементы вместе с материалом, который они с ними соединили, собираются в тех точках, где находятся частицы еще более плотного вида; они аналогичным образом соединяются с еще более плотными частицами, и так далее. Если мы проследим в воображении за этим процессом, посредством которого природа придает себе форму на всем протяжении хаоса, мы легко увидим, что все результаты этого процесса будут заключаться в образовании различных масс, которые, когда их формирование завершится, благодаря равенству их притяжения будут находиться в покое и навсегда останутся неподвижными.

Но у природы есть в запасе и другие силы, которые особенно проявляются, когда материя разлагается на мелкие частицы. Это те силы, с помощью которых эти частицы отталкиваются друг от друга и которые, вступая в конфликт с притяжением, вызывают то движение, которое является, так сказать, продолжительной жизнью природы. Эта сила отталкивания проявляется в эластичности паров, выделениях сильно пахнущих тел и распространении всех духовных веществ. Эта сила является неоспоримым явлением материи. Именно благодаря этому элементы, которые могут падать в точку, их притягивающую, беспорядочно отклоняются в сторону от своего движения по прямой линии; и их перпендикулярное падение, таким образом, приводит к круговым движениям, которые охватывают центр, к которому они падали. Чтобы сделать образование мира более отчетливо постижимым, мы ограничим наш взгляд, оторвав его от бесконечной вселенной природы и направив к определенной системе, например, к той,

которая принадлежит нашему солнцу. Рассмотрев возникновение этой системы, мы сможем перейти к аналогичному рассмотрению происхождения великих мировых систем и, таким образом, охватить бесконечность всего творения в рамках одной концепции.

"Из сказанного следует, что если точка расположена в очень большом пространстве, где притяжение расположенных там элементов действует сильнее, чем где-либо еще, то материя элементарных частиц, рассеянных по всей области, попадет в эту точку. Первым следствием этого общего падения является образование тела в этом центре притяжения, которое, так сказать, быстрыми шагами вырастает из бесконечно малого ядра; и по мере увеличения этой массы оно также с большей силой притягивает окружающие частицы для объединения с ним. Когда масса этого центрального тела становится настолько большой, что скорость, с которой оно притягивает к себе частицы на большие расстояния, отклоняется вбок из-за незначительной степени отталкивания, с которой они препятствуют друг другу, и когда оно совершает боковые движения, которые способны посредством центробежной силы охватывать центральное тело по орбите, тогда образуются завихрения частиц, каждая из которых сама по себе описывает криволинейную линию за счет сочетания силы притяжения и силы вращения, которые были отклонены вбок. Все эти виды орбит пересекаются друг с другом, что приводит к их большому разбросу в этом пространстве. Тем не менее, эти движения во многих отношениях противоречат друг другу, и они, естественно, стремятся привести друг друга к единообразию, то есть к состоянию, в котором одно движение как можно меньше препятствует другому. Это происходит двумя способами: во-первых, частицы ограничивают движение друг друга до тех пор, пока все они не продвинулись в одном направлении; и, во-вторых, таким образом, что частицы ограничивают свои вертикальные движения, в силу чего они приближаются к центру притяжения, до тех пор, пока все они не начнут двигаться горизонтально, то есть по параллельным кругам вокруг солнца как своего центра, больше не будут пересекаться друг с другом, и благодаря тому, что центробежная сила становится равной силе падения, они постоянно удерживаются на свободных круговых орбитах на том расстоянии, на котором они движутся. Результатом, наконец, является то, что в этой области пространства продолжают двигаться только те частицы, которые приобрели при своем падении скорость и благодаря сопротивлению других частиц направление, при котором они могут продолжать поддерживать СВОБОДНОЕ КРУГОВОЕ ДВИЖЕНИЕ....

"Взгляд на формирование планет в этой системе имеет преимущество перед любой другой возможной теорией в том, что происхождение движений и положение орбит возникают в один и тот же момент времени - более того, в том, что даже отклонения от максимально возможной точности в их определении, а также сами соответствия становятся ясны с первого взгляда. Планеты образованы из частиц, которые на расстоянии, на котором они движутся, совершают точные движения по круговым орбитам; и поэтому массы, состоящие из них, будут продолжать те же движения с той же скоростью и в том же направлении".(2)

Следует признать, что это объяснение оставляет желать лучшего. Это объяснение скорее метафизика, чем ученого-экспериментатора. Таким фразам, например, как "материя немедленно начинает стремиться формировать саму себя", нет места в рассуждениях индуктивной науки. Тем не менее, гипотеза Канта - замечательная концепция; она пытается рационально объяснить то, что до сих пор по большей части считалось совершенно необъяснимым.

Но сразу напрашиваются различные вопросы, которые кантовская теория оставляет без ответа. Как случилось, например, что космическая масса, породившая нашу солнечную систему, была разделена на несколько планетных тел вместо того, чтобы оставаться единой массой? Были ли планеты удалены от Солнца в результате случайного столкновения с кометами, как предположил Бюффон? или выброшены взрывом вулкана, в соответствии с теорией доктора Дарвина? или они обязаны своим происхождением какому-то неизвестному закону? В любом случае, как получилось, что все они были спроецированы почти в той же плоскости, в какой мы их сейчас находим?

ЛАПЛАС И НЕБУЛЯРНАЯ ГИПОТЕЗА

Решать эти головоломки оставалось астроному-математику. Из всех других людей, компетентных в этом вопросе, французским астрономом Лапласом был именно он. В течение четверти века он посвятил свои выдающиеся математические способности решению проблем движения небесных тел. Работая в дружеском соперничестве со своим соотечественником Лагранжем, своим единственным ровесником среди математиков того времени, он брал и решал одну за другой задачи, которые Ньютон оставил неясными. Во многом благодаря усилиям этих двух людей были устранены последние сохраняющиеся сомнения относительно единства ньютоновской гипотезы всемирного тяготения. Вклад Лагранжа был едва ли меньше, чем у его коллеги; но Лапласа будут помнить дольше, потому что в конечном итоге он привел свои завершённые труды в систему и, объединив с ними труды своих современников, создал в "Механике Челесте" бесспорный математический памятник века, подходящее дополнение к Принципам Ньютона, которые она дополняет и в некотором смысле завершает.

В последние годы восемнадцатого века Лаплас принял небулярную космогоническую гипотезу, о которой мы только что упомянули, и придал ей определенные пропорции; фактически, сделал ее настолько своей собственной, что потомки всегда будут связывать ее с его именем. Отбросив грубые представления о столкновении кометы и извержении вулкана, Лаплас заполнил пробелы в гипотезе с помощью хорошо известных законов тяготения и движения. Он предположил, что примитивная масса космической материи, которой было суждено сформировать нашу солнечную систему, вращалась вокруг своей оси даже в то время, когда она еще имела туманный характер, и заполняла все пространство на расстоянии, намного превышающем нынешние границы системы. По мере того как эта парообразная масса сжималась из-за потери тепла, она вращалась все быстрее и быстрее, и время от времени, благодаря балансу сил на ее периферии, кольца из ее вещества срывались и оставались вращаться там, чтобы впоследствии уплотняться в планеты и, в свою очередь, образовывать меньшие кольца, которые становились лунами. Основное тело первоначальной массы остается в настоящем как все еще сжимающееся и вращающееся тело, которое мы называем солнцем.

Позвольте нам позволить Лапласу объяснить все это подробно:

"Чтобы объяснить основные движения планетной системы, - говорит он, - существуют пять следующих явлений: Движение планет в том же направлении и почти в той же плоскости; движение спутников в том же направлении, что и у планет; вращение этих различных тел и солнца в том же направлении, что и их вращение, и почти в той же плоскости; небольшой эксцентриситет орбит планет и спутников; и, наконец, большой эксцентриситет орбит комет, как если бы их наклоны были предоставлены случаю.

"Бюффон - единственный известный мне человек, который с момента открытия истинной системы мира пытался показать происхождение планет и их спутников. Он предполагает, что комета, упав на солнце, унесла с собой массу вещества, которая была вновь собрана на расстоянии в виде различных шаров, более или менее больших и более или менее удаленных от солнца, и что эти шары, став непрозрачными и твердыми, теперь являются планетами и их спутниками.

"Эта гипотеза удовлетворяет первому из пяти предыдущих явлений; ибо ясно, что все образованные таким образом тела двигались бы очень близко в плоскости, проходящей через центр солнца, и в направлении образовавшегося потока материи; но четыре других явления кажутся мне необъяснимыми таким образом. Действительно, абсолютное движение молекул планеты должно тогда происходить в направлении движения ее центра тяжести; но из этого вовсе не следует, что движение вращения планет должно происходить в том же направлении. Таким образом, земля должна вращаться с востока на запад, но, тем не менее, абсолютное движение ее молекул должно быть с востока на запад; и это также должно относиться к движению вращения спутников, направление которого, согласно предлагаемой им гипотезе, не обязательно совпадает с направлением поступательного движения планет.

"Феномен, который не только очень трудно объяснить в рамках этой гипотезы, но даже противоречит ей, - это небольшой эксцентриситет планетных орбит. Из теории центральных сил мы знаем, что если тело движется по замкнутой орбите вокруг солнца и касается его, оно также всегда возвращается в эту точку при каждом обороте; отсюда следует, что если бы планеты изначально были отделены от солнца, они касались бы его при каждом возвращении к нему, и их орбиты были бы далеко не круглыми, а очень эксцентричными. Верно, что массу вещества, отталкиваемую от солнца, нельзя в точности сравнить с земным шаром, который касается его поверхности, поскольку импульс, который частицы этой массы получают друг от друга, и взаимное притяжение, которое они проявляют между собой, могли бы, изменив направление их движения, сместить их перигелии с солнца; но их орбиты всегда были бы в высшей степени эксцентричными, или, по крайней мере, у них не было бы незначительных эксцентриситетов, за исключением самой экстраординарной случайности. Таким образом, согласно гипотезе Бюффона, мы не можем понять, почему орбиты более сотни уже наблюдаемых комет настолько эллиптические. Следовательно, эта гипотеза очень далека от объяснения предшествующих явлений. Давайте посмотрим, возможно ли проследить их до их истинной причины.

"Какова бы ни была его конечная природа, учитывая, что он вызвал или изменил движение планет, необходимо, чтобы эта причина охватывала каждое тело, и, принимая во внимание огромные расстояния, которые их разделяют, это мог быть только флюид огромной протяженности. Для того чтобы придать им почти круговое движение в одном и том же направлении вокруг солнца, необходимо, чтобы эта жидкость окутывала солнце, как атмосфера. Таким образом, рассмотрение движения планет приводит нас к мысли, что из-за чрезмерного нагрева атмосфера Солнца первоначально простиралась за пределы орбит всех планет и что впоследствии она сжалась до своих нынешних пределов.

"В том примитивном состоянии, в котором, как мы предполагаем, находилось солнце, оно напоминало туманность, которая, как показывает телескоп, состоит из более или менее блестящего ядра, окруженного туманностью, которая, уплотняясь к центру, образует звезду. Если по аналогии представить, что все звезды образовались таким образом, то можно

представить их предыдущее состояние туманности, которому сами по себе предшествовали другие состояния, в которых туманная материя была еще более рассеянной, а ядро все менее и менее светящимся. Возвращаясь как можно дальше назад, мы, таким образом, приходим к туманности, настолько рассеянной, что о ее существовании едва ли можно было подозревать.

"Долгое время особое расположение некоторых звезд, видимых невооруженным глазом, поражало философских наблюдателей. Митчелл уже отмечал, насколько маловероятно, что звезды в Плеядах, например, могли сжаться в маленьком пространстве, которое их окружает, только по чистой случайности, и он пришел к выводу, что эта группа звезд и подобные группы, которые представляет нам небо, являются необходимым результатом уплотнения туманности с несколькими ядрами, и очевидно, что туманность, постоянно сжимаясь в направлении этих различных ядер, в конце концов сформировала бы группу звезд, подобную Плеядам. Уплотнение туманности с двумя ядрами образовало бы систему звезд, расположенных близко друг к другу и обращающихся одна к другой, таких как те двойные звезды, о соответствующих движениях которых мы уже знаем.

"Но как солнечная атмосфера определяла движение планет и спутников? Если бы эти тела проникли очень глубоко в эту атмосферу, ее сопротивление привело бы к тому, что они упали бы на солнце. Следовательно, мы можем предположить, что планеты образовались на своих последовательных границах в результате конденсации зоны паров, которую солнце, остывая, оставило позади, в плоскости своего экватора.

Давайте вспомним результаты, которые мы привели в предыдущей главе. Солнечная атмосфера не могла распространяться бесконечно. Его пределом была точка, в которой центробежная сила, вызванная вращательным движением, уравновешивала его вес. Но по мере того, как охлаждение сжимало атмосферу и те молекулы, которые находились поблизости от них, конденсировались на поверхности тела, скорость вращения увеличивалась; ибо в силу Закона площадей, поскольку сумма площадей, описываемых вектором каждой молекулы солнца и его атмосферы и проецируемых в плоскости экватора, всегда одинакова, вращение должно увеличиваться, когда эти молекулы приближаются к центру солнца. Таким образом, центробежная сила, возникающая из-за этого движения, становится больше, и точка, в которой вес равен ей, находится ближе к солнцу. Предположим, тогда, как это естественно допустить, что атмосфера в какой-то период расширилась до самых своих пределов, она должна была при охлаждении оставить молекулы на этом пределе и на границах, последовательно обусловленных усиленным вращением солнца. Брошенные молекулы продолжали бы вращаться вокруг этого тела, поскольку их центробежная сила была уравновешена их весом. Но это равновесие не возникло в отношении молекул атмосферы, параллельных солнечному экватору, последние из-за своего веса приближались к атмосфере по мере своего уплотнения и не переставали принадлежать ей до тех пор, пока благодаря этому движению не достигли экватора.

Давайте теперь рассмотрим последовательно оставленные позади зоны пара. Судя по внешнему виду, эти зоны должны были бы за счет конденсации и взаимного притяжения их молекул образовывать различные концентрические кольца пара, вращающиеся вокруг солнца. Взаимное гравитационное трение каждого кольца ускоряло бы одни и замедляло другие, пока все они не приобрели бы одинаковую угловую скорость. Таким образом, фактическая скорость молекул, наиболее удаленных от солнца, была бы наибольшей. Следующая причина также

могла бы привести к возникновению этой разницы в скорости. Молекулы, наиболее удаленные от солнца и которые под действием охлаждения и конденсации сближались друг с другом, образуя внешнюю часть кольца, всегда описывали бы площади, пропорциональные времени, поскольку центральная сила, с помощью которой они управлялись, постоянно направлялась к этому телу. Но это постоянство площадей требует увеличения скорости пропорционально расстоянию. Таким образом, видно, что та же причина уменьшила бы скорость молекул, образующих внутреннюю часть кольца.

"Если бы все молекулы парового кольца продолжали конденсироваться, не разъединяясь, они в конце концов образовали бы кольцо либо твердое, либо жидкое. Но это образование потребовало бы такой регулярности в каждой части кольца и в его охлаждении, что это явление встречается чрезвычайно редко; и солнечная система действительно дает нам только один пример, а именно кольцо Сатурна. Почти в каждом случае кольцо пара распадалось на несколько масс, каждая из которых двигалась с одинаковой скоростью и продолжала вращаться на одном и том же расстоянии вокруг солнца. Эти массы приняли бы форму сфероидов с вращательным движением в направлении вращения, потому что их внутренние молекулы имели меньшую скорость, чем внешние. Таким образом, образовалось так много планет в состоянии пара. Но если бы одно из них было достаточно мощным, чтобы своим притяжением последовательно воссоединить все остальные вокруг своего центра тяжести, то кольцо пара превратилось бы, таким образом, в единую сфероидальную массу пара, вращающуюся вокруг солнца в направлении его вращения. Последний случай был наиболее распространенным, но, тем не менее, Солнечная система дает нам пример первого случая с четырьмя малыми планетами, которые движутся между Юпитером и Марсом; по крайней мере, если мы не предположим, как это делает М. Ольберс, что первоначально они образовали единую планету, которая в результате мощного взрыва раскололась на несколько частей, каждая из которых двигалась с разной скоростью.

"Согласно нашей гипотезе, кометы незнакомы нашей планетной системе. Рассматривая их, как мы это делали, как мельчайшие туманности, кочующие из солнечной системы в солнечную систему и образованные конденсацией туманной материи, повсюду существующей во Вселенной в изобилии, мы видим, что когда они попадают в ту часть небес, где солнце всемогуще, оно заставляет их описывать орбиты, либо эллиптические, либо гиперболические, причем их траектории одинаково возможны во всех направлениях и при любых наклонах эклиптики, в соответствии с тем, что наблюдалось. Таким образом, сгущение туманного вещества, с помощью которого мы сначала объяснили движение планет и их спутников в одном и том же направлении и в почти приблизительных плоскостях, объясняет также, почему движения комет не подчиняются этому общему закону".(3)

Небулярная гипотеза, таким образом, подробно дополненная Лапласом, является достойным дополнением к великой космологической схеме Гершеля. Истинны или ложны, эти две концепции являются последним вкладом восемнадцатого века в историю неустанных усилий человека разгадать тайны космического происхождения и космической структуры. Мир охотно и без предубеждения прислушивался к новым доктринам; и такое отношение говорит об удивительном интеллектуальном росте нашей расы. Отметим переходный период. В 1600 году Бруно был сожжен на костре за учение о том, что наша земля не является центром вселенной. В

1700 году большая школа философов объявила Ньютона "нечестивым и еретиком" за заявление, что сила, удерживающая планеты на их орбитах, - это всемирное тяготение. В 1800 году Лаплас и Гершель удостоены чести за учение о том, что гравитация создала систему, которой она до сих пор управляет; что наша вселенная - всего лишь малая туманность, наше солнце - всего лишь малая звезда, наша земля - простой атом материи, наша раса - лишь одна из мириад рас, населяющих бесконечность миров. Доктрины, которые всего за две человеческие жизни до этого привели бы их проповедников на костер, теперь были объявлены не нечестивыми, а возвышенными.

АСТЕРОИДЫ И СПУТНИКИ

Первый день девятнадцатого века был ознаменован открытием нового мира. Вечером 1 января 1801 года итальянский астроном Пиацци наблюдал видимую звезду примерно восьмой величины (следовательно, конечно, совершенно невидимую невооруженным глазом), которая позже переместилась и, таким образом, оказалась значительно ближе к земле, чем любая настоящая звезда. Сначала он предположил, как и Гершель, когда впервые увидел Уран, что незнакомое тело было кометой; но более поздние наблюдения доказали, что это крошечная планета, занимающая положение в пространстве между Марсом и Юпитером. Его окрестили Церерой, в честь богини-покровительницы Сицилии.

Хотя это открытие и было непреднамеренным, оно не было неожиданным, поскольку астрономы давно предполагали существование планеты в широком промежутке между Марсом и Юпитером. Более того, они даже готовились к его совместному поиску, несмотря на протесты философов, которые утверждали, что планеты никак не могут превышать магическое число семь, когда Пиацци опередил их усилия. Но продолжение преподнесло сюрприз; уже на следующий год доктор Ольберс, замечательный врач-астроном из Бремена, прослеживая курс Цереры, наткнулся на другую крошечную движущуюся звезду, расположенную аналогичным образом, которая вскоре оказалась планетарной. Таким образом, были обнаружены две планеты там, где ожидалась только одна.

Существование нештатной планеты было загадкой, но Ольберс на данный момент решил ее, предположив, что Церера и Паллада, как он называл своего пленника, могли быть фрагментами древней планеты, разрушенной внутренним взрывом или столкновением с кометой. Он рискнул предсказать, что при поиске будут найдены другие подобные фрагменты. Уильям Гершель поддержал эту теорию и предложил назвать крошечные планеты астероидами. Теория взрыва была подтверждена открытием другого астероида, Хардингом из Лилиенталя, в 1804 году, и, казалось, окончательно утвердилось, когда сам Ольберс обнаружил четвертый в 1807 году. Новоприбывших называли Юнона и Веста соответственно.

Там дело оставалось до 1845 года, когда прусский астроном-любитель по имени Хенке после долгих поисков обнаружил еще один астероид и открыл новую эпоху открытий. С тех пор обнаружение астероидов стало обычным делом. В последнее время, с помощью фотографии, список был расширен до более чем четырехсот человек, и пока, похоже, недостатка в запасах нет, хотя, несомненно, были выявлены все более крупные участники. Даже они имеют всего несколько сотен миль в диаметре, в то время как те, что поменьше, слишком малы для измерения. Считается, что совокупная масса этих малых планет составляет лишь малую часть массы Земли.

Теория взрыва Ольберса, давно принятая астрономами, оказалась открытой для серьезных возражений. В настоящее время считается, что малые планеты представляют собой кольцо космической материи, отделившееся от солнечной туманности подобно кольцам, из которых образовались большие планеты, но им помешала объединиться в единое тело возмущающая масса Юпитера.

Открытие Нептуна

Как мы видели, открытие первого астероида подтвердило гипотезу; другое важное открытие планеты в девятнадцатом веке исполнило предсказание. Нептун был найден благодаря научному пророчеству. Никто не подозревал о существовании трансурановой планеты, пока сам Уран, на волосок отклонившись от своей предсказанной орбиты, не выдал секрет. Никто не видел тревожащую планету до тех пор, пока карандаш математика с почти оккультным прорицанием не указал ее место на небесах. Общее предсказание существования трансурановой планеты было сделано Бесселем, великим кенигсбергским астрономом, в 1840 году; анализ, который выявил ее точное местоположение, был проведен полвека спустя двумя независимыми сотрудниками — Джоном Коучем Адамсом, только что окончившим Кембридж, Англия, и У. Ж. Ж. Леверье, ведущим французским математиком своего поколения.

Расчеты Адамса были впервые начаты и впервые завершены. Но у них был один существенный недостаток — это была работа молодого и неопытного человека. Таким образом, он оказался в ящике стола королевского астронома Англии, и была упущена возможность, о которой английские астрономы никогда не переставали скорбеть. Если бы поиск был произведен, там была бы видна настоящая планета, сияющая недалеко от того места, где карандаш математика поместил ее гипотетический аналог. Но поиск не был произведен, и пока пророчество Адамса пылилось в этой прискорбной ячейке, расчеты Леверье продолжались, его предварительные результаты встретили полную поддержку Араго и других французских ученых. Наконец трудоемкие расчеты оказались удовлетворительными, и, уверенный в результате, Леверье направил в Берлинскую обсерваторию запрос с просьбой провести поиск нарушителя спокойствия Урана в определенном месте небес. Доктор Галле получил запрос 23 сентября 1846 года. В ту же ночь он направил свой телескоп в указанную область, и там, в пределах одного градуса от предполагаемого места, он увидел невидимую невооруженным глазом звезду, которая оказалась долгожданной планетой, отныне известной как Нептун. Для обычного ума, который находит в абстрактной математике нечто совершенно мистическое, это был подвиг, наслаждающийся чудесным.

Воодушевленный этим успехом, Леверье рассчитал орбиту внутренней планеты по возмущениям Меркурия, но, хотя этот гипотетический отпрыск Солнца был преждевременно назван Вулканом, он все еще обитает в царстве неоткрытых, наряду с некоторыми столь же гипотетическими транснептуновыми планетами, о существовании которых свидетельствуют "остаточные возмущения" Урана и движения комет. В нашем столетии не было сделано никаких других подлинных дополнений к планетарному семейству Солнца, за исключением обнаружения семи маленьких лун, которые в основном свидетельствуют о развитии телескопических возможностей. Из них крошечные спутники нашего марсианского соседа, обнаруженные профессором Холлом с помощью большого вашингтонского рефрактора, представляют наибольший интерес из-за их небольшого размера и чрезвычайно быстрого полета. Одно из них находится всего в шести тысячах миль от Марса и вращается вокруг него

почти в четыре раза быстрее, чем он вращается, и, таким образом, с точки зрения марсианина, оно восходит на западе и заходит на востоке, а продолжительность месяца составляет лишь четверть продолжительности дня.

Кольца Сатурна

Открытие внутреннего, или крепового, кольца Сатурна, сделанное одновременно в 1850 году Уильямом К. Бондом в Гарвардской обсерватории в Америке и преподобным У. Р. Доузом в Англии, было еще одним интересным оптическим достижением; но наши самые важные успехи в изучении уникальной системы Сатурна принадлежат математику. Лаплас, как и его предшественники, предполагал, что эти кольца твердые, и объяснял их устойчивость определенными неровностями контура, на которые указал Гершель. Но примерно в 1851 году профессор Пирс из Гарварда показал несостоятельность этого вывода, доказав, что если кольца такие, какими их считал Лаплас, то они должны падать под действием собственного веса. Затем профессор Дж. Клерк-Максвелл из Кембриджа взялся за дело, и его анализ свел загадочные кольца к облаку метеорных частиц — "ливню кирпичных обломков", — каждый фрагмент которого циркулирует точно так, как если бы он был независимой планетой, хотя, конечно, его в большей или меньшей степени возмущают и толкают его собратья. Взаимные возмущения и возмущающее притяжение ортодоксальных спутников Сатурна, исследованные Максвеллом, объясняют почти все явления, связанные с кольцами, весьма удовлетворительным образом.

После сложных математических расчетов, занимающих многие страницы его статьи, озаглавленной "О стабильности колец Сатурна", он резюмирует свои выводы следующим образом:

Давайте теперь соберем воедино выводы, которые мы смогли сделать из математической теории различных видов мыслимых колец.

"Мы обнаружили, что стабильность движения твердого кольца зависит от такой тонкой регулировки и в то же время от такого несимметричного распределения массы, что даже при выполнении точных условий это вряд ли могло длиться долго, а если бы и было, то вопреки опыту было бы легко наблюдать огромное преобладание одной стороны кольца. Эти соображения, наряду с другими, вытекающими из механической структуры столь огромного тела, вынуждают нас отказаться от любой теории сплошных колец.

Затем мы исследовали движение кольца из равных спутников и обнаружили, что если масса планеты достаточна, то любые нарушения, возникающие в расположении кольца, будут распространяться вокруг него в виде волн и не внесут опасной путаницы. Если спутники неравномерны, распространение волн больше не будет регулярным, но возмущения кольца в этом, как и в первом случае, будут вызывать только волны, а не растущую путаницу. Предположив, что кольцо состоит не из одного ряда крупных спутников, а из облака равномерно распределенных несвязанных частиц, мы обнаружили, что такое облако должно иметь очень малую плотность, чтобы быть постоянным, и что это несовместимо с тем, что его внешняя и внутренняя части движутся с одинаковой угловой скоростью. Предположив, что кольцо является текучим и непрерывным, мы обнаружили, что оно обязательно будет разбито на небольшие части.

"Таким образом, мы приходим к выводу, что кольца должны состоять из разрозненных частиц; они должны быть либо твердыми, либо жидкими, но они должны быть независимыми. Следовательно, вся система колец должна состоять либо из ряда множества концентрических колец, каждое из которых движется со своей собственной скоростью и имеет свою собственную систему волн, либо из беспорядочного множества вращающихся частиц, не расположенных кольцами и постоянно сталкивающихся друг с другом.

"Взяв первый случай, мы обнаружили, что в неопределенном числе возможных случаев взаимные возмущения двух колец, стабильных сами по себе, могут нарастать со временем до разрушительной величины, и что такие случаи должны постоянно происходить в обширной системе, подобной системе Сатурна, единственной задерживающей причиной является неравномерность колец.

"Было обнаружено, что результатом продолжительного возмущения является распространение колец в ширину, при этом внешние кольца выдавливаются наружу, в то время как внутренние кольца вдавливаются внутрь.

Таким образом, конечный результат механической теории состоит в том, что единственная система колец, которая может существовать, - это система, состоящая из неопределенного числа несвязанных частиц, вращающихся вокруг планеты с различными скоростями в зависимости от их соответствующих расстояний. Эти частицы могут быть расположены последовательно в виде узких колец, или они могут перемещаться друг сквозь друга неравномерно. В первом случае разрушение системы будет происходить очень медленно, во втором случае оно будет более быстрым, но может наблюдаться тенденция к образованию узких колец, что может замедлить процесс.

"Мы не можем установить путем наблюдения строение двух внешних отделов системы колец, но внутреннее кольцо, безусловно, прозрачно, поскольку через него наблюдался край Сатурна. Также несомненно, что, хотя пространство, занимаемое кольцом, прозрачно, конечность Сатурна видна не через его материальные части, поскольку его конечность наблюдалась без искажений; это показывает, что не было преломления и, следовательно, что лучи вообще проходили не через среду, а между солнечными или жидкими частицами, из которых состоит кольцо. Таким образом, здесь у нас есть оптический аргумент в пользу теории независимых частиц как материала колец. Два внешних кольца могут иметь одинаковую природу, но не настолько редкие, чтобы луч света мог пройти через всю их толщу, не встретив ни одной из частиц.

Наконец, два внешних кольца наблюдались в течение двухсот лет, и из тщательного анализа всех наблюдений М. Струве явствует, что второе кольцо шире, чем при первом наблюдении, и что его внутренний край находится ближе к планете, чем раньше. Предполагается, что внутреннее кольцо также приближается к планете с момента ее открытия в 1850 году. Эти явления, по-видимому, указывают на то же самое медленное продвижение колец к разделению, которое, как мы обнаружили, является результатом теории, а замечание о том, что внутренний край внутреннего кольца более отчетлив, по-видимому, указывает на то, что приближение к планете происходит менее быстро вблизи края, как у нас были основания предполагать. Что касается кажущейся неизменности внешнего диаметра внешнего кольца, мы должны помнить, что внешние кольца, безусловно, намного плотнее внутреннего, и что небольшое изменение во внешних кольцах должно уравновешивать большое изменение во внутреннем. Однако

возможно, что некоторые из наблюдаемых изменений могут быть вызваны существованием сопротивляющейся среды. Если уже предполагаемые изменения подтвердятся повторными наблюдениями с помощью тех же инструментов, то будет полезно более тщательно исследовать, являются ли кольца Сатурна постоянными или преходящими элементами солнечной системы, и видим ли мы в этой части небес небесную неизменность или земное разложение и зарождение, и старый порядок уступает место новому на наших глазах".(4)

Исследования Луны

Но, возможно, наиболее интересными достижениями математической астрономии — во всяком случае, с приземленной точки зрения — являются те, которые относятся к собственному спутнику Земли. Давным-давно было обнаружено, что это, казалось бы, невозмутимое тело имеет склонность немного набирать обороты на земле, появляясь во время затмений на бесконечно малое мгновение раньше времени. Астрономы были крайне озадачены этим актом неподчинения; но в конце концов Лаплас и Лагранж объяснили это колебательным изменением земной орбиты, что полностью оправдывало Луну и, по-видимому, демонстрировало абсолютную стабильность нашей планетной системы, которой, по-видимому, угрожало неправильное поведение Луны.

Этот в высшей степени удовлетворительный вывод был ортодоксальной верой небесной механики до 1853 года, когда профессор Адамс со славой непунианца, для которого сложные анализы были развлечением, пересмотрел расчеты Лапласа и обнаружил ошибку, которая при исправлении оставляла неучтенной примерно половину ускорения Луны. Это было важное расхождение, которое поначалу никто не мог объяснить. Но вскоре профессор Гельмгольц, великий немецкий физик, предположил, что ключ может быть найден в приливном трении, которое, действуя как постоянный тормоз вращения Земли и воздействуя не только на воды, но и на все вещество нашей планеты, должно было с течением времени изменить скорость ее вращения. Таким образом, кажущееся ускорение Луны можно объяснить фактическим замедлением вращения Земли — удлинением суток вместо сокращения месяца.

Снова было показано, что виновата земля, но на этот раз реабилитировать Луну не удалось, в то время как предполагаемая стабильность нашей системы, вместо того чтобы быть восстановленной, была сильно нарушена. Ибо задержка прилива - это не колебательное изменение, которое вскоре само исправится, подобно колебанию орбиты, а постоянное изменение, действующее всегда в одном направлении. Следовательно, если ему полностью не противодействует какая-либо противоположная реакция (чего, по-видимому, не происходит), эффект должен быть кумулятивным, а конечные последствия катастрофическими. Точный характер этих последствий был впервые оценен профессором Г. Х. Дарвином в 1879 году. Он показал, что приливное трение, замедляя движение земли, должно также выталкивать Луну с родительской планеты по спиральной орбите. Таким образом, очевидно, что Луна раньше должна была быть ближе к земле, чем в настоящее время. В какой-то очень отдаленный период он, должно быть, действительно коснулся земли; другими словами, должен был быть выброшен из тогдашней пластичной массы земли, как полип отпочковывается от своего родительского полипа. В то время земля совершала оборот вокруг своей оси за день продолжительностью от двух до четырех часов.

Теперь сутки удлинлись до двадцати четырех часов, а Луна удалилась на расстояние в четверть миллиона миль; но это еще не конец. Тот же ход событий должен продолжаться до тех

пор, пока в какой-то отдаленный период в будущем день не сравняется с месяцем, приливы и отливы на Луне прекратятся, и одно лицо земли всегда будет смотреть на Луну тем же неподвижным взглядом, который даже сейчас луна была вынуждена обратить к своему родительскому светилу. Если мы решим позволить себе еще большую вольность в отношении будущего, может сложиться впечатление (хотя некоторые астрономы не согласны с этим предсказанием), что, поскольку солнечные приливы все еще продолжаются, день в конце концов должен превысить месяц и мало-помалу удлиняться до совпадения с годом; и что Луна тем временем должна приостановить свой полет наружу и вернуться обратно по нисходящей спирали, пока, наконец, по прошествии неисчислимых эпох не ударится рикошетом о поверхность земли и не подвергнется катастрофическому разрушению.

Но даже несмотря на то, что воображение останавливается далеко от этой ужасной кульминации, все же ясно, что современных расчетов, основанных на неумолимом приливном трении, достаточно, чтобы революционизировать ранее распространенные взгляды на стабильность планетной системы. Математик восемнадцатого века рассматривал эту систему как огромную небесную машину, которая существовала около шести тысяч лет и которой было суждено работать вечно. Современный аналитик исчисляет как прошлое, так и будущее этой системы миллионами, а не тысячами лет, и при этом чувствует себя вполне уверенным, что солнечная система не противоречит тем законам роста и распада, которые, по-видимому, повсюду представляют неизменный порядок природы.

КОМЕТЫ И МЕТЕОРЫ

Пока математик не разгадал секрет, никто, конечно, не мог заподозрить, что безмятежный слуга земли,

"Та дева в шаре, наполненная белым огнем,
Которую смертные называют луной",

возможно, замышляет нанести вред ее родительскому шару. Но есть еще один обитатель небес, чьи цели также не были свободны от подозрений общественности. Излишне говорить, что я имею в виду паршивую овцу звездного семейства, этого "небесного бродягу" - комету.

С незапамятных времен считалось, что эти странники предвещают войну, голод, мор, возможно, разрушение мира. И неудивительно. Вот тело, которое, вспыхивая, появляется из безграничного космоса в нашей системе, выбрасывая пиротехнический хвост длиной в несколько сотен миллионов миль; вращаясь, возможно, в самой атмосфере Солнца со скоростью триста или четыреста миль в секунду; затем устремляется прочь по гиперболической орбите, которая запрещает ему когда-либо возвращаться, или по эллиптической, которая не может быть закрыта в течение сотен или тысяч лет; хвост при этом всегда направлен в сторону от солнца и исчезает в небытии по мере того, как странный вояджер удаляется в пространственную пустоту, откуда он появился. Необязательно, чтобы появление такого явления часто совпадало со вспышкой эпидемии или смертью Цезаря, чтобы раса комет запечатлелась в умах всех суеверных поколений как зловеющий клан.

Это правда, престижу этих предполагаемых сверхъестественных агентов был нанесен серьезный удар, когда Ньютон доказал, что великая комета 1680 года в своем полете вокруг солнца подчинялась законам Кеплера; и еще более тяжелый, когда та же самая посетительница

вернулась в 1758 году, повинувшись предсказанию Галлея, после трех четвертей века странствий, но в бездне космоса. Доказанный таким образом, что он подчиняется законам природы, небесный вестник больше не мог в полной мере выполнять свою роль. Но давняя дурная слава не проходит бесследно за один день, и комета, хотя и оказалась "естественным" объектом, все еще считалась очень угрожающей в течение еще ста лет или около того. Деятнадцатому веку оставалось полностью разоблачить самозванца и показать, как вопиюще были обмануты наши предки.

Разоблачение началось в начале века, когда доктор Олберс, в то время высший авторитет в этой области, выразил мнение, что впечатляющий хвост, который все это время был основным товаром кометы как угрозы для Земли, на самом деле состоит из тончайших паров, отталкиваемых от кометного тела солнцем, предположительно за счет электрического воздействия, со скоростью, сравнимой со скоростью света. Это блестящее предложение более или менее не принималось во внимание в течение полувека. Затем Цольнер и, в частности, Бредихин из Московской обсерватории развили ее в то, что с тех пор считается наиболее правдоподобной из кометных теорий. Считается, что кометы и солнце одинаково наэлектризованы и, следовательно, взаимно отталкиваются. Гравитация значительно превосходит это отталкивание в теле кометы, но уступает ему в случае газов, потому что электрическая сила меняется в зависимости от поверхности, в то время как гравитация меняется только в зависимости от массы. На основе изучения атомных весов и оценок скорости движения кометных хвостов Бредихин пришел к выводу, что основными компонентами различных видов хвостов являются водород, углеводороды и пары железа; и спектроскопический анализ в значительной степени подтверждает эти предположения.

Но, отбросив теории, необоснованность хвоста кометы была подвергнута убедительной проверке. Дважды в течение девятнадцатого века земля действительно погружалась прямо через один из этих угрожающих выступов — в 1819 году и снова в 1861 году, однажды погрузившись в свое вещество на глубину около трехсот тысяч миль. Однако с нами не произошло ничего ужасного. В атмосфере было какое-то странное свечение, так подумали наблюдатели с более развитым воображением, и это было все. После таких фиаско "Кометный поезд" больше никогда не сможет изображать из себя разрушителя миров.

Но полная мера унижения кометы еще не рассказана. Пиротехнический хвост, состоящий из частей самого вещества кометы, является данью, уплаченной солнцу, и никогда не может быть восстановлен. Если поклонение солнцу будет повторяться много раз, образующий шлейф материал будет исчерпан, и главная слава кометы исчезнет. Такая судьба действительно постигла множество комет, которые Юпитер и другие удаленные планеты притащили в нашу систему и помогли солнцу удержаться здесь в плену. Многие из этих бесхвостых комет были известны астрономам восемнадцатого века, но в то время никто не подозревал об истинном значении их состояния. Не было даже известно, насколько тесно связаны некоторые из них, пока немецкий астроном Энке в 1822 году не показал, что одна из них, которую он открыл заново и которая с тех пор носит его имя, движется по настолько суженной орбите, что должна завершить свой оборот примерно за три с половиной года. Вскоре после этого Биела открыл другую комету, обращающуюся с периодом около шести лет, и дал ей свое имя. В первой половине прошлого века были открыты еще только две из этих короткопериодических комет, но в последнее время было показано, что они представляют собой многочисленное семейство. Известно почти двадцать объектов, которые гигант Юпитер удерживает так близко, что предел

досягаемости их эллиптической привязи не позволяет им выйти за пределы орбиты Сатурна. Эти бывшие странники чудесным образом приспособились к планетарным обычаям, ибо все они вращаются в одном направлении с планетами и в плоскостях, близких к эклиптике.

Остановленные в своем гордом гиперболическом размахе, заключенные в планетарную сеть, лишенные своих поездов, эти необычные свободные копыя небес теперь являются всего лишь тенями самих себя прежних. Рассматриваемые как простые по объему, они представляют собой очень существенные тени, их протяженность измеряется сотнями тысяч миль; но их действительная масса настолько мала, что они полностью зависят от силы притяжения своих похитителей. И им уготовано худшее. Солнце и планеты так настойчиво притягивают их, что в настоящее время они обречены быть разорванными в клочья.

Такая судьба уже постигла одну из них на глазах у астрономов за относительно короткий период, в течение которого наблюдались эти злополучные кометы. В 1832 году комета Биelly прошла совсем рядом с землей, поскольку астрономы измеряли расстояние, и тем самым вызвала панику на нашей планете. Большого вреда он, конечно, не причинил и продолжил свой путь, как обычно. В следующий раз, когда он попал под телескопический обстрел, было видно, что он разлетелся на два фрагмента. Шесть лет спустя эти фрагменты были разделены многими миллионами миль; и в 1852 году, когда комета должна была появиться снова, астрономы тщетно искали ее. Он был полностью разрушен.

Что стало с фрагментами? В то время никто точно не знал. Но ответ на этот вопрос предстояло получить в ближайшее время. Случилось так, что как раз в этот период астрономы уделяли много внимания классу тел, которым они до сих пор несколько пренебрегали, - знакомым падающим звездам, или метеорам. Исследования профессора Ньютона из Йеля и профессора Адамса из Кембриджа, особенно касающиеся великого метеоритного дождя в ноябре 1866 года, который профессор Ньютон предсказал и показал, что он будет повторяться с интервалом в тридцать три года, показали, что метеоры - это не просто спорадические скопления вещества, летящие случайным образом, но существуют изолированными стаями и обращаются вокруг Солнца по правильным эллиптическим орбитам.

Вскоре итальянский астроном Скиапарелли показал, что один из этих метеорных роев движется по орбите ранее наблюдавшейся кометы, и вскоре последовали другие совпадения подобного рода. Росло убеждение, что метеоритные рои на самом деле являются обломками комет; и это убеждение стало практической определенностью, когда в ноябре 1872 года земля пересекла орбиту злополучной Биelly, и метеоритный дождь со свистом ворвался в нашу атмосферу вместо пропавшей кометы.

И вот, наконец, весь секрет был раскрыт. Внушающая благоговейный трепет комета, вместо того чтобы быть планетарным телом, которым ее всегда считали, на самом деле является не чем иным, как огромным скоплением метеорных частиц, которые сгруппировались где-то в космосе и которые, сталкиваясь друг с другом или под действием электричества, становятся светящимися. Отдельные частицы разделены настолько широко, что кометное тело в целом, по оценкам, в тысячи раз менее плотное, чем атмосфера Земли на уровне моря. Отсюда легкость, с которой комета может быть расчленена, а ее частицы распределены в струящиеся рои.

Пространство, которое мы пересекаем, так густо усыпано этой кометной пылью, что земля, по оценкам профессора Ньюкомба, поглощает миллион тонн ее каждый день. Каждая отдельная

частица, возможно, не крупнее просяного зернышка, превращается в падающую звезду или метеор, поскольку сгорает до испарения в верхних слоях атмосферы Земли. И если одна крошечная планета поглощает такие массы этой космической материи, то количество ее на всем протяжении нашей системы должно быть выше всякой оценки. Какую историю она рассказывает о мириадах жертв комет, которые стали добычей солнца с тех пор, как оно впервые раскинуло свою планетарную сеть по небу!

НЕПОДВИЖНЫЕ ЗВЕЗДЫ

Когда комета Биелы так напугала жителей земли в 1832 году, она действительно не приближалась к нам ближе чем на пятьдесят миллионов миль. Даже огромная комета, сквозь тонкий хвост которой земля прошла в 1861 году, сама находилась в четырнадцати миллионах миль от нас. Обычный ум, приученный измерять пространство крошечными участками карликовой планеты, не может постичь значения таких расстояний; и все же это всего лишь единицы измерения по сравнению с обширными пространствами звездного пространства. Если бы комета, которая проносится мимо нас со скоростью, скажем, сто миль в секунду, беспрепятственно продолжала свой безумный полет прямо в пустоту космоса, ей пришлось бы лететь по своему ледяному пути восемь тысяч лет, прежде чем она смогла бы достичь самой близкой из соседних с нами звезд; и даже тогда она проникла бы всего лишь на расстояние вытянутой руки в просторы, где находится дюжина или около того звездных обитателей, которые находятся дальше. Даже тренированному уму такие расстояния доступны лишь смутно. И все же астроном нашего столетия преодолел эту немыслимую пустоту и раскрыл многие тайны, которые наши предшественники считали навсегда недоступными человеческому пониманию.

В начале века Гершель предпринял предварительную атаку на эту звездную твердыню. В 1802 году этот величайший из астрономов-наблюдателей объявил Королевскому обществу о своем открытии, что некоторые двойные звезды изменили свое относительное положение по отношению друг к другу с тех пор, как он впервые тщательно нанес их на карту двадцать лет назад. До сих пор предполагалось, что двойные звезды были просто оптическими эффектами. Теперь стало ясно, что некоторые из них, во всяком случае, являются настоящими "двойными системами", связанными друг с другом предположительно гравитацией и вращающимися друг вокруг друга. Галлей за три четверти века до этого показал, что звезды имеют реальное или "правильное" движение в пространстве; сам Гершель доказал, что солнце разделяет это движение с другими звездами. Здесь произошло еще одно изменение положения, о котором до сих пор совершенно не подозревали, и с которым астроному следует считаться при постижении звездных тайн.

Двойные звезды

Когда Джон Гершель, единственный сын и достойный преемник великого астронома, всерьез занялся изучением звезд после окончания Кембриджского университета и двух-трех пробных профессиональных начинаний в других направлениях, к которым его подтолкнул его разносторонний гений, его первой масштабной работой стало наблюдение двойных звезд его отца. Его исследования, в которых поначалу ему помогал мистер Джеймс Саут, выявили множество доселе непризнанных пар и дали свежие данные для расчета орбит тех, которые были известны дольше. То же самое касалось независимых исследований Ф. Г. В. Струве, восторженного наблюдателя знаменитой русской обсерватории в Дерптском университете, а впоследствии и в Пулкове. Используя данные, собранные этими наблюдателями, М. Савари из

Парижа в 1827 году показал, что наблюдаемые эллиптические орбиты двойных звезд объясняются обычными законами тяготения, подтверждая тем самым предположение о том, что законы Ньютона применимы к этим звездным телам. Отныне не может быть причин сомневаться в том, что та же самая сила, которая удерживает земные объекты на нашем земном шаре, притягивает каждую частицу материи во всей видимой вселенной.

Первые исследователи двойных звезд рано обнаружили, что системы, в которые входят звезды, ни в коем случае не ограничиваются отдельными парами. Часто таким образом обнаруживается, что три или четыре звезды тесно связаны в гравитационные системы; действительно, существуют все градации между двойными системами и большими скоплениями, содержащими сотни или даже тысячи элементов. Известно, например, что знакомое скопление Плеяд - это не просто оптическая группировка, как предполагалось ранее, а реальная федерация связанных звезд, числом около двух с половиной тысяч, лишь немногие из которых видны невооруженным глазом. И чем тщательнее изучается движение звезд, тем более очевидным становится то, что далеко отстоящие друг от друга звезды связаны друг с другом в бесконечно сложные системы, пока еще мало изученные. В то же время все инструментальные достижения приводят к тому, что все больше и больше кажущихся одиночными звезд разделяются на тесные пары и второстепенные скопления. Два Гершеля открыли несколько тысяч таких близких множественных систем; Струве и другие увеличили список до более чем десяти тысяч; а мистер С. В. Бернхэм, в последние годы самый увлеченный и успешный из исследователей двойных звезд, добавил тысячу новых открытий, все еще будучи любителем астрономии и по профессии стенографистом чикагского суда. Очевидно, что фактическое количество кратных звезд выходит за рамки всех существующих оценок.

Ранние исследования двойных звезд Гершелем-старшим были предприняты в надежде, что эти объекты помогут ему определить действительное расстояние до звезды путем измерения ее годового параллакса, то есть угла, на который уменьшился бы диаметр земной орбиты, если смотреть со звезды. Ожидание не оправдалось. Видимое изменение положения звезды при взгляде с противоположных сторон земной орбиты, с которой можно было бы оценить параллакс, настолько ничтожно мало, что оказалось совершенно незаметным даже для почти сверхъестественно острого зрения Гершеля с помощью любых имевшихся в то время инструментальных средств. Таким образом, проблема расстояния до звезд манила его и ускользала от него до конца, и он умер в 1822 году, не видя в ней даже перспективы решения. Его оценка минимального расстояния до ближайшей звезды, хотя и основанная на ошибочном тестировании видимой яркости, была исключительно проницательной, но в лучшем случае это была научная догадка, а не научное измерение.

Расстояние между Звездами

Однако примерно в это же время на помощь астрономам пришел великий оптик. Джозеф Фраунгофер усовершенствовал телескоп-рефрактор, подобно тому как Гершель усовершенствовал рефлектор, и изобрел удивительно точный "гелиометр", или измеритель солнечной активности. С помощью этих приборов была решена старая и почти бесконечно трудная проблема расстояния до звезды. В 1838 году Бессель объявил из Кенигсбергской обсерватории, что после нескольких месяцев усилий ему удалось обнаружить и измерить параллакс звезды. Подобные заявления делались достаточно часто и раньше, и всегда

оказывались ошибочными при дальнейшей проверке; но на этот раз заявление было сделано с учетом авторитета одного из величайших астрономов эпохи, и скептицизму пришел конец.

Достижение Бесселя также не заставило себя долго ждать подтверждения. Действительно, как это часто бывает в областях открытий, две другие исследовательницы почти одновременно решили ту же проблему — Струве в Пулкове, где теперь была основана великая русская обсерватория, которая так долго удерживала пальму первенства над всеми остальными; и Томас Гендерсон, работавший тогда на мысе Доброй Надежды, а впоследствии королевский астроном Шотландии. Наблюдения Хендерсона имели фактический приоритет во времени, но измерения Бесселя были настолько более многочисленными и авторитетными, что его единодушно считали заслуживающим главной заслуги в открытии, что обеспечило ему приоритет публикации.

По странной случайности звезда, на которой были сделаны наблюдения Хендерсона, и, следовательно, первая звезда, параллакс которой когда-либо был измерен, является нашей ближайшей соседкой в звездном пространстве, находясь, действительно, примерно на десять миллиардов миль ближе, чем следующая за ней. Однако даже эта ближайшая звезда более чем в двести тысяч раз удалена от нас, как солнце. Солнечный свет достигает земли за восемь минут, а до Нептуна - примерно за три с половиной часа, но требуется три с половиной года, чтобы подать сигнал Альфе Центавра. А что касается подавляющего большинства звезд, то, если бы они прекратили свое существование до христианской эры, мы, сегодняшние, все равно получали бы их свет и, казалось бы, видели бы их точно так же, как видим мы. Когда мы смотрим на небо, мы изучаем древнюю историю; мы видим звезды не такими, какие они есть, а такими, какими они БЫЛИ годы, столетия, даже тысячелетия назад.

Информация, полученная из параллакса звезды, ни в коем случае не ограничивается раскрытием расстояния до этого тела. При известном расстоянии собственное движение звезды, которое до сих пор считалось только таким-то количеством угловых секунд, может быть легко преобразовано в действительную скорость движения; относительная яркость становится абсолютным блеском по сравнению с солнцем; а в случае двойных звезд абсолютную массу компонентов можно вычислить на основе законов тяготения. Обнаружено, что звезды сильно различаются между собой во всех этих отношениях. Что касается скорости, то некоторые из них, такие как наше солнце, едва ползут в космосе — правда, со скоростью десять-двадцать миль в секунду, но даже при такой скорости за день преодолевают расстояние, эквивалентное их собственному диаметру. На другом полюсе, среди измеренных звезд, находится одна, которая движется со скоростью двести миль в секунду; однако даже эта "летающая звезда", если смотреть с земли, кажется, меняет свое местоположение всего на три с половиной лунных диаметра за тысячу лет. По яркости некоторые звезды уступают солнцу, в то время как другие превосходят его, как электрическая дуга превосходит свечу. Арктур, самая яркая измеряемая звезда, сияет, как двести солнц; и даже этот гигантский шар тусклый по сравнению с другими звездами, которые настолько далеки, что их параллакс невозможно измерить, но которые радуют наш взор своей величиной. Что касается действительной массы, видимый блеск которой не дает адекватной оценки, то некоторые звезды меньше Солнца, в то время как другие превышают его в сотни, а может быть, и в тысячи раз. И все же, как бы далеки они ни были, все до единого остаются просто дискообразными светящимися точками перед предельными возможностями современного телескопа.

Открытия спектроскопа

Все это кажется достаточно замечательным, но впереди нас ждали еще более великие дела. В 1859 году появился спектроскоп, усовершенствованный Кирхгофом и Бунзеном в соответствии с принципами, указанными Фраунгофером почти полвека назад. Этот чудесный инструмент, выявляя характерные линии, разбросанные по призматическому спектру, раскрывает химическую природу и физическое состояние любого вещества, на которое попадает его свет, одинаково хорошо рассказывая его историю, при условии, что свет достаточно сильный, независимо от того, находится ли светящееся вещество близко или далеко — в одной комнате или на границе пространства. Очевидно, что такой инструмент должен стать настоящей волшебной палочкой в руках астронома.

Очень скоро нетерпеливые астрономы по всему миру начали испытывать спектроскоп. Сам Кирхгоф прокладывал путь, а Донати и патер Секки в Италии, Хаггинс и Миллер в Англии и Резерфорд в Америке были главными из его ближайших последователей. Результаты превзошли мечты самых дальновидных. В самом начале, в 1860 году, было показано, что такие обычные земные вещества, как натрий, железо, кальций, магний, никель, барий, медь и цинк, существуют на солнце в виде светящихся паров, и очень скоро звезды выдали соответствующий секрет. С тех пор работа по солнечному и звездному анализу неуклонно продолжалась в руках множества специалистов (видными среди которых в нашей стране являются профессор Янг из Принстона, профессор Лэнгли из Вашингтона и профессор Пикеринг из Гарварда), и более половины известных земных элементов были определенно расположены на солнце, в то время как в перспективе ожидаются новые открытия.

Это правда, что солнце также содержит некоторые кажущиеся элементы, неизвестные на земле, но в этом нет ничего удивительного. Современный химик не предъявляет никаких претензий к своим элементам, за исключением того, что до сих пор они сопротивлялись всем человеческим попыткам их диссоциировать; не было бы ничего странного, если бы некоторые из них, подвергнутые воздействию солнечного горнила, в котором, как видно, испаряются железо, никель, кремний, не выдержали испытания. Но опять же, химия ни в коем случае не исчерпала запасы сырья на земле, и вещество, которое посылает свое послание со звезды, может существовать неоткрытым в пыли, по которой мы ступаем, или в воздухе, которым мы дышим. В 1895 году были открыты два новых земных элемента; но один из них в течение многих лет был известен астрономам как солнечный и предположительно как звездный элемент, и назван гелием из-за его обилия на солнце. Спектроскоп продвинулся на миллионы миль в космос и извлек этот новый элемент, и химику потребовалось несколько десятков лет, чтобы обнаружить, что в его подлунной лаборатории все это время находились образцы одного и того же вещества, не распознанные. Едва ли во всей истории науки найдется более живописный факт, чем этот.

Но идентичность субстанции земли, солнца и звезд была продемонстрирована не более ясно, чем разнообразие существующих физических условий. Было замечено, что солнце и звезды, вовсе не холодные, земные, пригодные для жизни тела, какими их считал Гершель (окруженные светящимися облаками и защищенные от чрезмерного нагрева другими облаками), на самом деле представляют собой бурлящие котлы с огненной жидкостью или газом, ставшим вязким в результате конденсации, со зловещими оболочками, изрыгающими пламя. Вскоре также стало ясно, особенно благодаря исследованиям Резерфорда и Секки, что звезды различаются между

собой точным строением или состоянием. Есть белые, или сирианские, звезды, в спектре которых преобладают линии водорода; желтые, или солнечные, звезды (к этому типу относится наше солнце), содержащие пары различных металлов; и различные красные звезды с полосчатыми спектрами, указывающими на соединения углерода; помимо чисто газообразных звезд более недавнего открытия, которые профессор Пикеринг специально изучал. Известная интерпретация Золлнером этих различий как указывающих на различные стадии охлаждения, была поставлена под сомнение относительно точной последовательности, которую она постулирует, но общее предположение о том, что звезды существуют при сильно различающихся температурных условиях, вряд ли оспаривается.

Предположение о том, что разные типы звезд отмечают разные стадии остывания, находит дальнейшую поддержку в современной физике, которая не смогла продемонстрировать какой-либо способ восстановления или иного сохранения энергии, излучаемой солнцем, поскольку было показано, что воздействие метеорита — во всяком случае, при существующих условиях — неадекватно. В соответствии с теорией Гельмгольца, основным источником солнечной энергии считается сокращение самой солнечной массы; и очевидно, что это должно иметь свои пределы. Следовательно, если только какое-то, пока еще непризнанное средство не восстановит потерянную энергию звездных тел, каждое из них должно постепенно утратить свой блеск и прийти к состоянию затвердевания, кажущейся стерильности и ледяной тьмы. В случае с нашей собственной звездой, согласно оценке лорда Кельвина, такая кульминация, по-видимому, произойдет в течение пяти-шести миллионов лет.

Астрономия невидимого

Но, безусловно, самое сильное подтверждение такого прогноза дают те звездные тела, которые даже сейчас, по-видимому, остыли до конечной стадии звездного развития и перестали светить. Примерами этого класса в миниатюре являются Земля и меньшая из ее планет-компаньонов. Но в звездном пространстве есть более крупные тела того же типа — настоящие "темные звезды", невидимые, конечно, но в настоящее время четко распознаваемые.

Открытие этой "астрономии невидимого" - еще одно из величайших достижений девятнадцатого века, и снова честь открытия принадлежит Бесселю. Проверая свои звезды на параллакс, этот проницательный наблюдатель пришел к выводу из некоторых необъяснимых отклонений в движении, что различные звезды, в том числе и сам Сириус, сопровождаются невидимыми спутниками, и в 1840 году он определенно предположил существование таких "темных звезд". Правильность этого вывода была продемонстрирована двадцать лет спустя, когда Алван Кларк-младший, американский оптик, испытывая новую линзу, обнаружил спутник Сириуса, который, таким образом, оказался слабо светящимся. С тех пор существование других, совершенно невидимых звезд-компаньонов было неопровержимо доказано не только возобновленными телескопическими наблюдениями, но и любопытными показаниями вездесущего спектроскопа.

Одним из самых удивительных достижений этого прибора является возможность регистрировать полет светящегося объекта непосредственно в поле зрения. Если светящееся тело быстро приближается, его фраунгоферовы линии смещаются от своего нормального положения к фиолетовому концу спектра; если оно удаляется, линии смещаются в противоположном направлении. Фактическое движение звезд, расстояние до которых неизвестно, может быть измерено таким образом. Но в некоторых случаях видно, что световые

линии колеблются в спектре с регулярными интервалами. Очевидно, что звезда, излучающая такой свет, попеременно приближается и удаляется, и вывод о том, что она вращается вокруг компаньона, неизбежен. С помощью этого необычного теста можно определить орбитальное расстояние, относительную массу и фактическую скорость обращения абсолютно невидимого тела. Таким образом, спектроскоп, который имеет дело только со светом, совершает парадоксальные экскурсии в царство невидимого. Какие тайны могут надеяться скрыть звезды, когда их допрашивают с помощью инструмента такой некромантической силы?

Но спектроскоп не одинок в этом дерзком нападении на твердыни природы. У него есть достойный спутник и помощник в фотопленке, к эффективной помощи которого астроном прибегает совсем недавно. Пионерская работа в области астрономической фотографии действительно была проделана Араго во Франции и старшим Дрейпером в Америке в 1839 году, но достигнутые тогда результаты были лишь предварительными, и только сорок лет спустя метод приобрел действительно важные масштабы. В 1880 году доктор Генри Дрейпер в Гастингсе-на-Гудзоне сделал первую успешную фотографию туманности. Вскоре после этого доктор Дэвид Гилл из Кейпской обсерватории сделал прекрасные фотографии кометы, и блики звездного света на его планшетах впервые показали возможности этого метода при составлении карт небес.

С тех пор составление звездных карт с помощью фильма практически вытеснило старый метод. Астрономы в различных частях света прилагают согласованные усилия для составления полной карты неба, и до конца нашего столетия эта работа будет завершена, и около пятидесяти или шестидесяти миллионов видимых звезд будут занесены в картографию с недостижимой до сих пор степенью точности. Более того, негатив выявляет миллионы других звезд, которые слишком далеки или тусклы, чтобы их можно было разглядеть с помощью какой—либо еще достигнутой мощности телескопа - факт, который полностью дискредитирует все предыдущие выводы относительно пределов нашей звездной системы. Следовательно, несмотря на замечательные инструментальные достижения девятнадцатого века, знание точной формы и протяженности нашей вселенной кажется более недостижимым, чем это казалось столетие назад.

Структура туманностей

Тем не менее, новые приборы, хотя и оставили так много невысказанного, раскрыли некоторые чрезвычайно важные секреты космического строения. В частности, они развеяли давние сомнения относительно реальной структуры и положения загадочных туманностей - тех ленивых масс, только две или три из которых видны невооруженным глазом, которые телескоп обнаруживает в почти безграничном изобилии, разбросанных повсюду среди звезд, но сгруппированных, в частности, около полюсов звездного потока или диска, который мы называем Млечным Путем.

Более поздняя точка зрения Гершеля, согласно которой по крайней мере некоторые туманности состоят из "сияющей жидкости", находящейся в процессе конденсации с образованием звезд, была общепринятой почти полвека. Но в 1844 году, когда огромный шестифутовый рефлектор лорда Росса — самый большой телескоп, когда—либо построенный, - был направлен на туманности, это сделало эту гипотезу весьма сомнительной. Точно так же, как первая линза Галилея разобрала Млечный Путь на звезды, точно так же, как Гершель разобрал туманности, которые не поддавались воздействию всех инструментов, кроме его собственного, так и еще более мощный отражатель лорда Росса разобрал другие, которые не уступали самому

большому зеркалу Гершеля. Казалось справедливым сделать вывод, что при достаточной мощности, которая, возможно, когда-нибудь будет достигнута, все туманности будут излучать энергию, следовательно, все они на самом деле являются тем, чем Гершель сначала их считал, — чрезвычайно удаленными "островными вселенными", состоящими из скоплений звезд, сравнимых с нашей собственной галактической системой.

Но вывод был ошибочным, поскольку, когда доктор Хаггинс впервые применил спектроскоп к туманности в 1864 году, он ясно показал спектр не отдельных звезд, а огромной массы светящихся газов, в том числе водорода. Более расширенные исследования показали, это правда, что некоторые туманности дают непрерывный спектр твердых или жидких тел, но различные типы смешиваются и переходят друг в друга. Кроме того, наиболее тесное сродство наблюдается между туманностями и звездами. Обнаружено, что некоторые туманности содержат звезды поодиночке или группами прямо посреди себя; некоторые конденсированные "планетарные" туманности едва ли можно отличить от звезд газообразного типа; а недавно фотопленка показала присутствие туманного вещества вокруг звезд, которое в телескоп ничем не отличается от большинства своих собратьев по галактике. Знакомые звезды скопления Плеяд, например, появляются на негативе, погруженные в размытое пятно света. В целом, накопленные впечатления от фотопленки показывают обилие туманной материи в звездной системе, о котором до сих пор даже не догадывались.

И поэтому, конечно, все вопросы об "островных вселенных" отпадают, и туманности возвращаются к своему истинному положению как составные части единой звездной системы — единой вселенной, — которая открыта для нынешнего наблюдения человеком. И профессор Килер из обсерватории Лик обнаружил, что эти огромные облака мирового вещества плывут в космосе со звездной скоростью от десяти до тридцати восьми миль в секунду.

Связь туманностей со звездами, столь ясно подтвержденная всеми этими современными наблюдениями, является, в конце концов, лишь научным подтверждением того, что подтверждалось более поздними теориями старшего Гершеля. Но туманности обладают и другими свойствами, о которых до недавнего времени не подозревали, поскольку спектры некоторых из них практически идентичны спектрам некоторых комет. Представляется обоснованным вывод о том, что кометы на самом деле представляют собой небольшие туманности, которые попадают в нашу систему; или, говоря иначе, что телескопические туманности - это просто гигантские далекие кометы.

Метеоритная гипотеза Локьера

Развивая предложенные таким образом удивительные улики, сэр Норман Локьер из Лондона в последние годы разработал то, что, возможно, является самой всеобъемлющей космогонической догадкой, которая когда-либо предпринималась. Его теория, известная как "метеоритная гипотеза", вероятно, имеет такое же отношение к спекулятивной мысли нашего времени, какое небулярная гипотеза Лапласа имела к гипотезе восемнадцатого века. Вкратце, это попытка объяснить всеосновные явления Вселенной как обусловленные, прямо или косвенно, гравитационным воздействием таких метеорных частиц, или крупинок космической пыли, из которых состоят кометы. Туманности - это обширные кометные облака с частицами, более или менее широко разделенными, выделяющими газы в результате столкновений метеоритов, внутренних или внешних, и, возможно, светящимися также электрическим или фосфоресцирующим светом. Гравитация в конечном итоге приводит к более тесным

скоплениям частиц туманности, а участвовавшие столкновения в конечном итоге испаряют всю массу, образуя планетарные туманности и газообразные звезды. Продолжающаяся конденсация может на какое-то время сделать звездную массу более горячей и яркой, но в конечном итоге приводит к ее разжижению и окончательной консолидации - ранее существовавшие туманности в конце концов превращаются в темную или планетарную звезду.

Точная корреляция, которую Локьер пытается указать между последовательными стадиями метеорной конденсации и различными типами наблюдаемых звездных тел, не находит единодушного признания. М-р Рэньярд, например, предполагает, что видимые туманности могут быть не зарождающимися звездами, а эманациями звезд, и что истинные дозвездные туманности невидимы, пока не сконденсируются до звездных размеров. Но если оставить в стороне такие детали, широкая общая гипотеза о том, что все тела Вселенной, так сказать, принадлежат к одному виду — что туманности (включая кометы), звезды всех типов и планеты являются всего лишь различными этапами в истории жизни одной расы или типа космических организмов, — принимается доминирующей мыслью нашего времени как имеющая наивысшую научную степень вероятности.

Все это, очевидно, является лишь усилением той небулярной гипотезы, которая задолго до того, как спектроскоп дал нам право точно судить о наших звездных соседях, смело представляла развитие звезд из туманностей и планет из звезд. Но гипотеза Локьера этим не ограничивается. Проследив процесс развития от туманности до темной звезды, он не видит причин бросать эту темную звезду на произвол судьбы, предполагая, как предполагалось в первоначальной гипотезе, что это кульминационная и заключительная стадия космического существования. Ибо темная звезда, хотя ее молекулярная активность достигла относительной стабильности и бессилия, все еще сохраняет огромные возможности молярного движения; и ясно, что там, где есть движение, нет застоя. Рано или поздно, в своем непрерывном полете в космосе, темная звезда должна столкнуться с каким-нибудь другим звездным телом, как доктор Кролл представляет себе темные тела, которые постулирует его "преднебулярная теория". Такое столкновение может затянуться надолго; темная звезда может описывать кометоподобный круг вокруг тысяч других звездных масс и мчаться по тысячам разнообразных параболических или эллиптических орбит, прежде чем у нее появится шанс столкнуться, но это не имеет значения: "миллиарды - это единицы в арифметике вечности", и рано или поздно, мы вряд ли можем сомневаться, столкновение должно произойти. Тогда, без сомнения, взаимное столкновение должно превратить оба сталкивающихся тела в пар, или пар в сочетании с метеоритными осколками; короче говоря, в настоящую туманность, матрицу будущих миров. Таким образом, темная звезда, являющаяся последним элементом одной серии космических изменений, становится первым элементом другой серии — одновременно постнебулярным и преднебулярным состоянием; и небулярная гипотеза, расширенная таким образом, перестает быть простой линейной шкалой и округляется, чтобы обозначать бесконечную серию космических циклов, более удовлетворяя воображение.

С этой расширенной точки зрения туманности и светящиеся звезды - это всего лишь инфантильные и юношеские стадии истории жизни космического индивидуума; темная звезда - это стадия его взросления, или время истинной мужественности. Или мы можем думать о сморщенной темной звезде как о зародышевой клетке, пыльцевом зерне космического организма. Уменьшенный в размерах, как и подобает зародышевой клетке, до простой доли тела туманности, из которого он произошел, он, тем не менее, сохраняет в своем, казалось бы,

нежизнеспособном теле все потенциальные возможности исходного организма, и ему требуется только смешаться с другой клеткой, чтобы произвести на свет новое поколение. Таким образом, космическая раса, совокупная численность которой составляет звездную вселенную, может быть увековечена — отдельные солнечные системы, такие как наша, рождаются, стареют и умирают, чтобы снова жить в своих потомках, в то время как вселенная в целом сохраняет свою единую целостность на протяжении всех этих внутренних мутаций — проходя, возможно, бесконечно малыми стадиями, к кульминации, безнадежно недоступной человеческому пониманию.

III. НОВАЯ НАУКА ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

УИЛЬЯМ СМИТ И ИСКОПАЕМЫЕ РАКОВИНЫ

С тех пор, как Леонардо да Винчи впервые осознал истинный характер окаменелостей, то тут, то там появлялись люди, которые понимали, что скалистая кора земли представляет собой один гигантский мавзолей. То тут, то там дилетант заполнял свои шкафы реликвиями из этого чудовищного склепа; то тут, то там философ размышлял над ними, задаваясь вопросом, были ли они когда-то живыми, или же они не были просто неудачными сувенирами того времени, когда предполагалось, что плодородная матрица земли

"изобиловал при рождении

Бесчисленные живые существа, совершенных форм, с конечностями и полностью выросшими".

Некоторые из этих философов — например, Роберт Гук и Стено в семнадцатом веке и Моро, Лейбниц, Бюффон, Уайтхерст, Вернер, Хаттон и другие в восемнадцатом — смутно осознавали важность окаменелостей как записей древней истории земли, но мудрейшие из них подозревали о полном значении истории, начертанной на камнях, не больше, чем обычный бродяга в современном музее подозревает значение иероглифов на футляре мумии.

Дело было не в том, что зачатки этой истории так уж трудно расшифровать — хотя, по правде говоря, они достаточно сложны, — а скорее в том, что люди, предпринявшие попытку, все это время смотрели на предмет сквозь атмосферу предвзятого мнения, которое создавало искаженный образ. Прежде чем это изображение могло быть исправлено, необходимо было, чтобы появился человек, способный смотреть без предубеждения и применять здравый смысл к тому, что он видел. И такой человек действительно появился к концу столетия в лице Уильяма Смита, английского землемера. Он был самоучкой и, возможно, от этого более независимым, и помимо острых глаз и восприимчивого ума обладал еще и очень цепкой памятью. Развивая эти

способности, какими бы редкими они ни были, он проложил путь к науке, которой в своем последующем развитии было суждено потрясти структуру устоявшейся мысли до ее основания.

Однако Уильям Смит мало подозревал, что его поступок повлечет за собой такие ужасные последствия, когда впервые начал обращать внимание на ископаемые раковины, которые тут и там можно найти в слоистых породах и почвах регионов, в которые его привели обязанности геодезиста. На самом деле, в фактах, которые он раскопал, не было ничего столь очевидного революционного; однако по своему значению эти факты были самыми сбивающими с толку из всех, что были открыты со времен Коперника и Галилея. По своей простой сути открытие Смита сводилось к следующему: окаменелости в горных породах, вместо того чтобы быть разбросанными бессистемно, расположены правильными системами, так что любой данный пласт породы обозначен его ископаемой популяцией; и что порядок следования таких групп окаменелостей всегда одинаков в любом вертикальном ряду слоев, в которых они встречаются. Иными словами, если ископаемое А лежит под ископаемым В в каком-либо данном регионе, оно никогда не перекрывает его в каком-либо другом ряду; хотя разновидность ископаемых, найденных в одном наборе слоев, может быть совершенно опущена в другом. Более того, ископаемое, однажды исчезнувшее, никогда больше не появляется ни в одном более позднем слое.

Из этих новых фактов Смит сделал вывод, основанный на здравом смысле, что на земле существовали последовательные популяции существ, каждое из которых, в свою очередь, вымерло. Он частично подтвердил этот вывод, сравнив ископаемые раковины с существующими видами аналогичных отрядов, и обнаружил, что те, которые встречаются в более древних слоях горных пород, не имеют аналогов среди ныне живущих видов. Но в целом, будучи в высшей степени практичным человеком, Смит мало беспокоился о выводах, которые можно было бы сделать из его фактов. Он был главным образом озабочен использованием открытого им ключа в качестве вспомогательного средства при составлении первой геологической карты Англии, которую когда-либо пытались составить, и предоставил другим распутывать любые путаницы мыслей, которые могли возникнуть в результате его открытия последовательности различных форм жизни на земном шаре.

Однако в ходе своих путешествий он распространял свои взгляды повсюду — совершенно игнорируя тот факт, что перипатетики вышли из моды с появлением печатного станка, — и к началу девятнадцатого века у него появились последователи среди геологов Англии. Однако ни на минуту не следует предполагать, что его утверждение о преемственности слоев встретило немедленное или всеобщее признание. Напротив, оно вызвало самое ожесточенное противодействие. В течение долгого времени после того, как было сделано открытие, большинство людей, склонных, как всегда, ловить мошек и глотать верблюдов, предпочитали верить, что окаменелости, вместо того чтобы откладываться в течение последовательных эпох, были разом перенесены на их нынешнее место течением мощного наводнения — и это наводнение, само собой разумеется, было Ноевым потопом. То, как бесчисленные последовательные слои могли быть отложены в упорядоченной последовательности на глубину нескольких миль в результате одного такого стихийного бедствия, действительно озадачивало, особенно после того, как было признано, что самые тяжелые окаменелости не всегда находили на дне; но сомневаться в том, что это было сделано каким-то образом, было сущей ересью в первые дни девятнадцатого века.

КЮВЬЕ И ИСКОПАЕМЫЕ ПОЗВОНОЧНЫЕ

Но однажды обнаруженные уникальные факты Уильяма Смита о последовательности форм в горных породах не исчезли. Однако существовал один наиболее важный момент, в отношении которого выводы, которые, по-видимому, следуют из этих фактов, нуждались в проверке — вопрос, а именно, действительно ли исчезновение фауны из реестра горных пород подразумевает исчезновение этой фауны. Все действительно зависело от ответа на этот вопрос, и никто, кроме опытного натуралиста, не мог ответить на него авторитетно. К счастью, самый авторитетный натуралист того времени Жорж Кювье взял этот вопрос в свои руки — на самом деле, не с целью проверки какого-либо предположения Смита, а в ходе своих собственных оригинальных исследований - в самом начале века, когда взгляды Смита привлекали всеобщее внимание.

Кювье и Смит были точными современниками, оба родились в 1769 году, в том "плодородном году", который дал миру также Шатобриана, фон Гумбольдта, Веллингтона и Наполеона. Но французский натуралист имел совершенно иное прошлое, чем английский геодезист. Он был блестяще образован, рано получил признание как ученый и еще в молодости приобрел известность как выдающийся сравнительный анатом своего времени. Именно анатомические исследования привели его в царство окаменелостей. Его внимание привлекли какие-то кости, выкопанные из скал рабочими в каменоломне, и сразу же наметанный глаз подсказал ему, что они отличаются от всего, что он видел раньше. До сих пор такие кости, если их не игнорировать полностью, по большей части приписывались великанам прежних дней или даже падшим ангелам. Вскоре Кювье показал, что речь идет не о великанах и не об ангелах, а о слонах неизвестного вида. Продолжая свои исследования, особенно с использованием материала, собранного в гипсовых пластах близ Парижа, он накопил к началу девятнадцатого века кости примерно двадцати пяти видов животных, которые, по его мнению, отличались от любых ныне живущих на земном шаре.

Слава об этих исследованиях распространилась за границу, и вскоре окаменелые кости посыпались со всех сторон, а убежденность Кювье в том, что среди окаменелостей представлены вымершие формы животных, подкреплялась свидетельствами множества странных и аномальных форм, некоторые из которых имели гигантские размеры. В 1816 году была опубликована знаменитая книга "Костные окаменелости", описывающая эти новые объекты, и палеонтология позвоночных стала наукой. Среди других вещей, представляющих большой общественный интерес, книга содержала первое авторитетное описание волосатого слона, названного Кювье мамонтом, останки которого были найдены погруженными в толщу льда в Сибири в 1802 году, настолько чудесно сохранившимися, что собаки тунгусских рыбаков действительно съели его мясо. Кости того же вида были найдены в Сибири несколькими годами ранее натуралистом Палласом, который также обнаружил там тушу носорога, вмерзшую в илистую отмель; но тогда никто не подозревал, что это представители вымершей популяции - предполагалось, что это просто перенесенные реликты потопы.

Кювье, с другой стороны, утверждал, что эти и другие описанные им существа жили и умерли в регионе, где были найдены их останки, и что у большинства из них нет живых представителей на земном шаре. Это, безусловно, было не более чем то, что Уильям Смит все это время пытался установить относительно низших форм жизни; но монстры из плоти и крови привлекают воображение способом, совершенно превосходящим возможности простых раковин; поэтому

объявление об открытиях Кювье вызвало интерес всего мира, и "Окаменелости костей" получили такой популярный прием, какого редко удостоиваются работы технической науки, — прием, при котором восторженное одобрение прогрессивных геологов смешивалось с ожесточенными протестами консерваторов.

"Натуралисты, конечно, не исследовали всех континентов, - сказал Кювье, - и они еще даже не знают всех четвероногих в тех частях света, которые были исследованы. Время от времени открываются новые виды этого класса; и те, кто не исследовал со вниманием всех обстоятельств, связанных с этими открытиями, могут также утверждать, что неизвестные четвероногие, ископаемые кости которых были найдены в слоях земли, до сих пор оставались скрытыми на некоторых островах, еще не открытых мореплавателями, или в некоторых обширных пустынях, которые занимают середину Африки, Азии, обеих Америк и Новой Голландии.

Но если мы внимательно присмотримся к виду недавно обнаруженных четвероногих и к обстоятельствам их обнаружения, мы легко поймем, что на самом деле очень мало шансов когда-либо обнаружить живыми тех, кого видели только в ископаемом состоянии.

На островах среднего размера, расположенных на значительном расстоянии от крупных континентов, очень мало четвероногих. Они, должно быть, были завезены сюда из других стран. Кук и Бугенвиль не обнаружили на островах Южного моря никаких других четвероногих, кроме свиней и собак; а самым крупным четвероногим на островах Вест-Индии, когда его впервые обнаружили, был агути, вид морской свинки, животное, по-видимому, среднее между крысой и кроликом.

"Верно, что на таких больших континентах, как Азия, Африка, обе Америки и Новая Голландия, водятся крупные четвероногие и, вообще говоря, встречаются виды, общие для каждого из них; настолько, что при открытии стран, изолированных от остального мира, были обнаружены обитающие там животные класса четвероногих, совершенно отличные от тех, которые существовали в других странах. Таким образом, когда испанцы впервые проникли в Южную Америку, они не обнаружили там ни одного четвероногого, точно такого же, как в Европе, Азии и Африке. Пума, ягуар, тапир, капибара, лама, или глама, и викунья, и все племя сападжо были для них совершенно новыми животными, о которых они не имели ни малейшего представления....

"Если бы еще оставался открытым какой-нибудь большой континент, мы, возможно, могли бы ожидать знакомства с новыми видами крупных четвероногих, среди которых можно было бы найти некоторые, более или менее сходные с теми, *exuviaе* которых мы находим в недрах земли. Но достаточно просто бросить взгляд на карты мира и проследить бесчисленные направления, в которых мореплаватели пересекали океан, чтобы убедиться, что не осталось никакой большой земли, которую можно было бы открыть, если только она не расположена ближе к Антарктическому полюсу, где вечные льды неизбежно препятствуют существованию животной жизни".(1)

Затем Кювье указывает, что древние были хорошо знакомы практически со всеми животными на континентах Европы, Азии и Африки, которые сейчас известны ученым. Поэтому он находит мало оснований для веры в теорию о том, что когда-то на земле обитали чудовищные животные, которых было необходимо уничтожить, чтобы нынешняя фауна и люди могли процветать.

Подробно рассмотрев эти теории и верования, он приступает к своему Исследованию Сказочных животных древних. "Легко, - говорит он, - ответить на вышеупомянутые возражения, изучив описания этих неизвестных животных, оставленные нам древними, и исследуя их происхождение. Теперь, когда у большего числа этих животных есть происхождение, приведенные описания несут на себе самые недвусмысленные признаки; поскольку почти во всех из них мы видим просто различные части известных животных, объединенные необузданным воображением и противоречащие всем установленным законам природы".(2)

Показав, что сказочные чудовища древних времен и зарубежных народов, таких как китайцы, были просто продуктом воображения, не имея прототипов в природе, Кювье переходит к рассмотрению трудности различения ископаемых костей четвероногих.

У нас еще будет возможность вернуться к этой части статьи Кювье в другой связи. Здесь достаточно сразу перейти к окончательному заключению, что рассматриваемые ископаемые кости являются остатками вымершей фауны, подобной которой в настоящее время нет на земле. Каковы бы ни были последствия, этот вывод теперь казался Кювье полностью обоснованным.

В Англии вызванный таким образом интерес был доведен до крайности в 1821 году открытием обильных залежей ископаемых костей на покрытом сталагмитами полу пещеры в Киркдейле, Йоркшир, что показало, что Англия тоже когда-то имела свою долю гигантских животных. Доктор Бакленд, заведующий кафедрой геологии в Оксфорде и самый авторитетный английский геолог своего времени, изучил эти находки и показал, что кости принадлежали ряду видов, включая такие чужеродные формы, как слоны, носороги, гиппопотамы и другие гиены. Он утверждал, что все эти существа действительно жили в Британии и что пещеры, в которых были найдены их кости, были логовищами гиен.

Это утверждение, как само собой разумеющееся, вызвало бурные споры. Еще в 1827 году были опубликованы книги, осуждающие Бакленда, хотя он и был доктором богословия, как человека, участвовавшего в "нечестивом деле", и повторяющие старый лозунг о том, что окаменелости были всего лишь остатками тропических видов, занесенных туда потоком. То, что они были найдены в твердых скалах или в пещерах, не представляло никаких трудностей, по крайней мере, для богатого воображения Грэнвилла Пенна, лидера консерваторов, который цеплялся за старую идею Вудворда и Кэткатта о том, что всемирный потоп превратил всю земную кору в пасту, в которой осели реликты, ныне называемые окаменелостями. Пещеры, сказал мистер Пенн, являются просто результатом газов, выделяемых тушами во время разложения, — так сказать, больших пузырьков воздуха в пастообразной массе, которые превращаются в каверны, когда вода отступает и паста застывает до каменистой консистенции.

Но эти и подобные им причудливые взгляды были обречены еще в день их высказывания. Уже в 1823 году другие гигантские существа, названные Конибером ихтиозавром и плезиозавром, были обнаружены в более глубоких слоях британских скал; и они, а также другие монстры, останки которых были обнаружены в различных частях света, имели такие странные формы, что даже самые скептически настроенные люди едва ли могли надеяться найти их аналоги среди живых существ. Утверждение Кювье о том, что все крупные позвоночные современного возраста известны натуралистам, было подтверждено недавними исследованиями, и, казалось, никуда не деться от вывода, что летописи окаменелостей говорят о фактически вымерших популяциях. Но если бы это было признано, тогда нельзя было бы больше отрицать точку зрения Смита о том, что имела место последовательная смена населения. Не могло быть сомнений и в

том, что сменявшим друг друга фаунам, отдельные останки которых сохранились в мириадах экземпляров, представляющих тысячи и десятки тысяч вымерших видов, должно было потребоваться огромное количество времени для производства и роста их бесчисленных поколений.

Поскольку эти факты стали общеизвестны и, кроме того, стало понятно, что сама основа породы, в которой заключены окаменелости, во многих случаях представляет собой одно гигантское ископаемое, состоящее из остатков микроскопических форм жизни, здравый смысл, который, в конце концов, является высшим судом, пришел на помощь измученной науке. Было признано, что единственной приемлемой интерпретацией записей в горных породах является то, что многочисленные популяции существ, отличных друг от друга и от современных форм, возникали и исчезали; и что геологические эпохи, в которые жили эти существа, были невообразимо долгими. Таким образом, рядовые сотрудники с помощью летописей окаменелостей осознали важность идеи, которую Джеймс Хаттон, а кое-где и другие мыслители, выдвинули с быстротой гениальной интуиции задолго до того, как возникла наука палеонтология. Утверждение Хаттона о том, что время велико, было полностью обосновано, и примерно к концу первой трети прошлого столетия геологи начали говорить о "веках" и "неисчислимых зонах времени" с фамильярностью, которую их предшественники приберегали для дней и десятилетий.

ЧАРЛЬЗ ЛАЙЕЛЛ БОРЕТСЯ С КАТАСТРОФИЗМОМ

А теперь новый вопрос, требующий решения. Если земля была заселена сменяющимися друг друга популяциями существ, ныне вымерших, то как все эти существа были уничтожены? Этот вопрос, однако, казалось, не представлял никаких трудностей. Ответ на него был получен сразу же, путем применения старой идеи. На протяжении веков, каковы бы ни были различные фазы космогонической мысли, всегда присутствовала идея, что прошлые времена были не такими недавними; что в отдаленные эпохи земля была ареной ужасных катастроф, которым нет аналогов в "эти дни упадка". Вполне естественно, что к этой мысли, забальзамированной в каждой космогонической гипотезе любого происхождения, обращались при объяснении уничтожения этих доселе невообразимых сонмов, которые теперь, благодаря науке, восстали из своего бездонного сна как неоспоримые, но в то же время такие же безмолвные и наводящие на размышления, как Сфинкс или пирамида. Говорилось, что эти древние воинства были истреблены с интервалом в нечетные миллионы лет в результате повторения катастроф, из которых потоп Моисея является последней, но, возможно, не последней.

Это объяснение полностью соответствовало научному авторитету. Кювье предварял свой классический труд спекулятивным исследованием, само название которого ("Беседы о революциях земного шара") наводит на мысль о катастрофизме, и текст которого полностью подтверждает это предзнаменование. А Бакленд, главный последователь Кювье по ту сторону Ла-Манша, пошел даже дальше мастера, назвав работу, в которой он описал окаменелости Киркдейла, *Reliquiae Diluvianae*, или Доказательствами Всемирного потопа.

Оба этих автора предположили, что существа, останки которых они изучали, внезапно погибли во время мощного наводнения, ужасный поток которого, как они предполагали, пробил современные долины и разбросал по земле огромные гранитные глыбы. И они вызвали подобные наводнения для уничтожения прежнего населения.

Верно, что эти научные цитаты встречали лишь ограниченное одобрение во время их произнесения, потому что тогда консервативное большинство человечества не признавало, что существовало множество популяций или революций; но теперь, когда вера в прошлые геологические эпохи перестала быть ересью, повторяющиеся катастрофы великих палеонтологов были приняты с одобрением. На данный момент наука и традиция были едины, и в спорах наступило перемирие, за исключением, конечно, тех отдаленных направлений мысли, куда новости из центральных учреждений не проникают, пока не станут древней историей в своем источнике.

Перемирие, однако, продлилось недолго. Едва современная мысль начала приспосабливаться к концепции прошлых эпох непостижимой протяженности, каждая из которых заканчивалась катастрофой типа Ноевой, как появился человек, который сделал совершенно сбивающее с толку утверждение, что геологические летописи, вместо того чтобы доказывать многочисленные катастрофические перевороты в прошлой истории земли, не дают никаких оснований для заявлений о какой бы то ни было вселенской катастрофе, близкой или отдаленной.

Этим иконоборцем был Чарльз Лайелл, шотландец, которому вскоре суждено было прославиться как величайшему геологу своего времени. Будучи молодым человеком, он проникся силой утверждения Хаттона о том, что нынешние причины едины с теми, которые вызвали прошлые изменения наземном шаре, и он довел эту идею до того, что считал ее логическим завершением. По его мнению, это исключало мысль о катастрофических изменениях как в неорганическом, так и в органическом мирах.

Но отрицать катастрофизм означало предполагать революцию в современной мысли. Излишне говорить, что такая революция не могла быть осуществлена без длительной борьбы. В течение двадцати лет по этому вопросу спорили "за" и "против", часто с самым ненаучным пылом. Простой обзор полемики заполнил бы целый том; и все же существенные факты, с помощью которых Лайель в конце концов обосновал свое положение в его отношении к органическому миру, могут быть кратко изложены в нескольких словах. Свидетельством, которое, по-видимому, говорит о прошлых революциях, является явно внезапное перемещение окаменелостей из одного слоя горных пород в другой. Но Лайелл показал, что это изменение не всегда является полным. Некоторые виды продолжают жить из одной предполагаемой эпохи в следующую. Далеко не все современники мамонта вымерли, и у многочисленных морских форм, значительно более древних, все еще есть живые представители.

Более того, пробелы между слоями в любом конкретном вертикальном ряду обильно заполняются записями в виде толстых слоев в некоторых географически удаленных рядах. Например, в некоторых регионах силурийские породы непосредственно перекрыты залежами угля; но в других местах этот внезапный разрыв заполнен девонскими породами, которые говорят о великой "эпохе рыб". Разрывы в пластах в одном регионе настолько часто заполняются в другом, что мы вынуждены заключить, что запись, показанная любым отдельным вертикальным рядом, имеет лишь местное значение — возможно, рассказывая о времени, когда это конкретное морское дно колебалось выше ватерлинии и, таким образом, перестало получать отложения до какого-то будущего периода, когда оно снова начало колебаться. Но если таково реальное значение кажущегося внезапным перехода от пласта к пласту, тогда все аргументы в пользу катастрофизма безнадежно потеряны; ибо такие разрывы в пластах дают

единственное предположение, которое геология может предложить о внезапных и катастрофических изменениях широкого масштаба.

Давайте посмотрим, как Лайель развивает эти идеи, особенно применительно к смене видов.(2)

"Я вывел в качестве следствия, - говорит он, - что виды, существовавшие в любой конкретный период, должны были с течением веков вымирать один за другим. "Они должны вымереть, - позаимствую выразительное выражение Бюффона, - потому что Время борется против них". Если взгляды, которых я придерживаюсь, справедливы, то не составит труда объяснить, почему обитание стольких видов сейчас ограничено чрезвычайно узкими рамками. Каждая локальная революция имеет тенденцию ограничивать ареал одних видов, в то время как другие расширяются; и если мы приходим к выводу, что новые виды возникают только в одном месте, каждому должно потребоваться время, чтобы распространиться на обширной территории. Следовательно, из принятия нашей гипотезы следует, что недавнее происхождение одних видов и высокая древность других в равной степени согласуются с общим фактом их ограниченного распространения, некоторые из которых являются локальными, потому что они существовали недостаточно долго, чтобы допустить их широкое распространение; другие - потому что обстоятельства в живом или неодушевленном мире привели к ограничению ареала, в пределах которого они могли когда-то распространиться

"Если читатель сделает вывод из представленных ему фактов, что последовательное вымирание животных и растений может быть частью постоянного и закономерного хода природы, он, естественно, задастся вопросом, предусмотрены ли какие-либо средства для возмещения этих потерь? Возможно ли, как часть экономики нашей системы, что пригодный для жизни земной шар в определенной степени обезлюдил, как в океане, так и на суше, или что разнообразие видов должно уменьшаться до наступления какой-то новой эры, когда необходимо проявить новое и экстраординарное усилие творческой энергии? Или возможно ли, что время от времени могут возникать новые виды, и все же столь удивительное явление может ускользнуть от внимания натуралиста?

"Во-первых, очевидно, легче доказать, что вид, некогда многочисленно представленный в данном районе, прекратил свое существование, чем то, что появился какой-то другой, который ранее не существовал, - всегда предполагая, по причинам, изложенным выше, что первоначально создаются только единичные запасы каждого животного и растения и что особи нового вида не появились внезапно во многих разных местах одновременно.

"Наука естественная история осталась настолько несовершенной вплоть до наших дней, что на памяти ныне живущих людей количество известных животных и растений удвоилось или даже учетверилось во многих классах. Новые и часто бросающиеся в глаза виды ежегодно обнаруживаются в частях старого континента, издавна населенных самыми цивилизованными нациями. Сознывая, следовательно, ограниченность нашей информации, мы всегда делаем вывод, когда делаются такие открытия, что рассматриваемые существа ранее ускользали от наших исследований или, по крайней мере, существовали где-то еще и лишь недавно мигрировали на территории, где мы их сейчас находим.

"Какого рода доказательства, следовательно, мы могли бы разумно ожидать найти относительно происхождения в определенный период нового вида?

Возможно, в ответ можно сказать, что в течение последних двух—трех столетий можно было наблюдать внезапное появление какого-нибудь лесного дерева или нового четвероногого в тех частях Англии или Франции, которые были исследованы наиболее тщательно, - что натуралисты могли бы доказать, что подобное существо не обитало ни в одном другом регионе земного шара и что не было никаких преданий о том, что что-либо подобное наблюдалось в районе, где оно появилось.

"Теперь, хотя это возражение может показаться правдоподобным, все же обнаружится, что его сила полностью зависит от скорости колебаний, которая, как мы предполагаем, преобладает в животном мире, и от пропорций, которые такие заметные представители животного и растительного царств имеют по сравнению с теми, которые менее известны и ускользают от нашего наблюдения. В настоящее время на земном шаре обитает, возможно, более миллиона видов растений и животных, не считая микроскопических и инфузорийных животных, так что, если бы ежегодно вымирал только один из них и каждый год возникал бы новый, могло бы потребоваться гораздо больше миллиона лет, чтобы совершить полную революцию в органической жизни.

"В настоящее время я не рискну выдвинуть ни одной гипотезы относительно вероятной скорости изменений, но никто не будет отрицать, что когда ежегодное рождение и ежегодная гибель одного вида на земном шаре предлагаются как простое предположение, это, по крайней мере, наводит на мысль о немалой степени нестабильности в живом творении. Если мы разделим поверхность земли на двадцать областей равной площади, то одна из них может охватывать пространство суши и воды, примерно равное по размерам Европе, и может содержать двадцатую часть от миллиона видов, которые, как можно предположить, существуют в животном царстве. В этом регионе только один вид мог, в соответствии с ранее предполагавшимся уровнем смертности, вымереть за двадцать лет, или только пять из пятидесяти тысяч в течение столетия. Но так как значительная часть всего мира принадлежит к водным классам, с которыми мы знакомы весьма несовершенно, мы должны исключить их из нашего рассмотрения, и, если они составляют половину всего числа, то за сорок лет среди наземных племен может исчезнуть только один вид. Итак, млекопитающие, наземные или водные, составляют столь малую долю по сравнению с другими классами животных, составляя, возможно, менее тысячной доли от общего числа, что, если бы продолжительность жизни видов в различных отрядах была равной, должен был пройти огромный период, прежде чем настал бы черед этого заметного класса потерять кого-либо из своей численности. Если бы только один вид из всего животного царства вымер за сорок лет, то в регионе размером с Европу за сорок тысяч лет могло исчезнуть не более одного млекопитающего.

"Таким образом, легко увидеть, что на небольшой части такой территории, в странах, например, размером с Англию и Францию, должны пройти периоды гораздо большей продолжительности, прежде чем станет возможным подтвердить подлинность первого появления одного из более крупных растений или животных, предполагая, что ежегодное рождение и гибель одного вида является показателем изменчивости животного мира во всем мире".(3)

Одним словом, тогда, сказал Лайель, становится ясно, что бесчисленные виды, которые были истреблены в прошлом, вымирали один за другим, точно так же, как умирают особи вида, а не огромными косяками; если исчезали целые популяции, то это происходило не в результате мгновенного истребления, а в результате уничтожения вида то здесь, то там, подобно тому, как

одно поколение сменяет другое в истории жизни любого отдельного вида. Причины, которые привели к такому постепенному истреблению и по прошествии долгих веков привели к смене населения, - это те же самые естественные причины, которые действуют до сих пор. Виды вымерли в прошлом, как они вымирают и в настоящем, под влиянием изменившегося окружения, такого как изменившийся климат, или миграции на их территорию более властных видов. Прошлые и настоящие причины едины — естественный закон неизменен и вечен.

Такова была суть хаттонской доктрины, которую Лайель принял и расширил и с которой его имя всегда будет ассоциироваться. Во многом благодаря его усилиям, хотя, конечно, не без помощи многих других работников спустя некоторое время эта идея — доктрина униформизма, как ее стали называть, — стала общепринятой догмой геологического мира вскоре после середины девятнадцатого века. Катастрофисты, безумно цеплявшиеся за свой фантом в течение целого поколения, наконец, капитулировали без условий: старая ересь стала новой ортодоксией, и был проложен путь для новой полемики.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВИДОВ

Новая полемика последовала как нечто само собой разумеющееся. Поскольку идея катастрофизма касалась не только уничтожения видов, но и их интродукции. Если бы целые фауны были внезапно истреблены, новые фауны, по-видимому, были бы введены с такой же внезапностью путем специального сотворения; но если виды вымирают постепенно, можно предположить, что интродукция новых видов была соответственно постепенной. Тогда не могут ли новые виды более поздней геологической эпохи быть модифицированными прямыми потомками вымершей популяции более ранней эпохи?

Идея о том, что это могло быть так, не была новой. Это было высказано, когда окаменелости впервые начали привлекать к себе пристальное внимание; и такие проницательные мыслители, как Бюффон, Кант, Гете и Эразмус Дарвин, были склонны принять это в последние дни восемнадцатого века. Затем, в 1809 году, за это боролся один из первых исследователей систематической палеонтологии — Жан Батист Ламарк, который изучал ископаемые раковины около Парижа, в то время как Кювье изучал позвоночных, и который на основе этих исследований пришел к выводу, что на земном шаре происходило не просто вращение, но прогрессирование жизни. Он обнаружил ископаемые раковины — окаменелости беспозвоночных, как он сам их окрестил, — в более глубоких слоях, чем позвоночные Кювье; и он полагал, что были долгие века, когда не существовало более высоких форм, чем эти, и что в последующие эпохи рыбы, а затем рептилии были высшими из живых существ, прежде чем появились млекопитающие, включая человека. Выходя за рамки голых фактов, как это иногда бывает у гениев, он настаивал на том, что эти прогрессивные популяции развивались одна из другой под влиянием изменившегося окружения непрерывными рядами.

Конечно, подобная мысль была безнадежно неуместна в поколении, сомневавшемся в существовании вымерших видов, и едва ли не в меньшей степени в поколении, принявшем катастрофизм; но ее поддерживали то тут, то там сторонники, подобные Джеффри Сент-Илеру, и теперь изгнание катастрофизма открыло путь для более уважительного рассмотрения. Лайелл с уважением рассматривал его в каждом повторяющемся издании своих Принципов, но такое рассмотрение приводило к безоговорочному отклонению. Вместо него Лайелл выдвинул модифицированную гипотезу особого сотворения. Он предположил, что время от времени, когда искоренение вида оставляло место, так сказать, для нового вида, такие новые виды

создавались *de novo*; и он предположил, что такие прерывистые, спазматические импульсы созидания проявляются в настоящее время так же часто, как и в любое время в прошлом. Он не сказал так много слов о том, что сегодня никому не нужно было бы удивляться, если бы он увидел, например, новый вид оленя, вынырнувшего перед ним из-под земли, "размахивая лапами, чтобы освободиться", как лев Мильтона, но его теория подразумевала именно это. И эта теория, следует отметить, была теорией не только Лайелла, но и почти всех его коллег в геологическом мире. Пожалуй, нет другого факта, который так ярко продемонстрировал бы прогресс мысли нашего поколения, как воспоминание о том, что столь грубая, столь почти немыслимая концепция могла стать современной научной доктриной менее полувека назад.

Более того, эта теория особого сотворения исключала нынешнюю доктрину униформизма, как ночь исключает день, хотя большинство мыслителей того времени, похоже, не осознавали несовместимости этих двух идей. Можно усомниться в том, что даже сам Лайель полностью осознавал это. Если бы он это сделал, то не видел выхода из дилеммы, поскольку ему казалось, что записи в горных породах явно опровергают альтернативную гипотезу Ламарка. И почти единодушно палеонтологи того времени поддержали этот вердикт. Оуэн, Агассис, Фальконер, Барранде, Пикте, Форбс отвергли эту идею так же безоговорочно, как это сделал их великий предшественник Кювье в предыдущем поколении. Некоторые из них действительно пришли к выводу, что существуют свидетельства прогрессивного развития жизни в последующие эпохи, но не было обнаружено таких последовательных рядов окаменелостей, которые подтверждали бы идею о том, что один вид когда-либо трансформировался в другой. И почти каждому это возражение казалось непреодолимым.

Но в 1859 году появилась книга, которая, хотя и не касалась в первую очередь палеонтологии, все же содержала главу, раскрывающую геологическую летопись в совершенно новом свете. Это была книга Чарльза Дарвина "Происхождение видов", глава с замечательной цитатой о "Несовершенстве геологической летописи". В этой эпохальной главе Дарвин показывает, какие условия должны преобладать в любом данном месте, чтобы образовались окаменелости, насколько необычны такие условия и насколько вероятно, что окаменелости, однажды оказавшиеся в осадочных породах морского дна, будут уничтожены в результате метаморфозы горных пород или денудации, когда слоиподнимаются выше уровня воды. Добавьте к этому тот факт, что геологически исследованы лишь небольшие территории земли, говорит он, и становится ясно, что палеонтологические данные в том виде, в каком мы ими сейчас располагаем, представляют собой всего лишь фрагмент прошлой истории организмов на земле. Это история, "плохо сохранившаяся и написанная на меняющемся диалекте. Из этой истории у нас есть только последний том, касающийся только двух или трех стран. Из этого тома лишь кое-где сохранились короткие главы, а на каждой странице лишь кое-где по несколько строк". По его мнению, для палеонтолога делать догматические выводы на основе таких записей было бы столь же опрометчиво, как "для натуралиста высадиться на пять минут на пустынной оконечности Австралии, а затем обсудить количество и ареал ее обитания".

Эта цитата из наблюдений, которая, когда на нее однажды указали, казалась почти самоочевидной, стала откровением для геологического мира. С проясненной точки зрения, теперь возможные старые факты приобрели новое значение. Было напомянуто, что Кювье был вынужден создать новый отряд для некоторых из первых исследованных им ископаемых существ, и что Бакленд отметил, что неопишуемые формы были промежуточными по строению между родственными существующими отрядами. Совсем недавно такие промежуточные формы

обнаруживались снова и снова; так что, если привести лишь один пример, Оуэну удалось с помощью вымерших видов "постепенно растворить кажущийся широким интервал между свиньей и верблюдом". Более того, Оуэн неоднократно говорил об "обобщенных формах" вымерших животных, а Агассис называл их "синтетическими или пророческими типами", эти термины явно подразумевали, "что такие формы на самом деле являются промежуточными или связующими звеньями". Сам Дарвин за несколько лет до этого показал, что ископаемые животные любого континента тесно связаны с существующими животными этого континента — беззубыми, преобладающими, например, в Южной Америке, и сумчатыми в Австралии. Многие наблюдатели отмечали, что в современных слоях повсюду обнаруживается ископаемая фауна, более похожая на существующую, чем в более древних слоях; и что окаменелости из любых двух последовательных слоев гораздо более тесно связаны друг с другом, чем окаменелости из двух удаленных формаций, причем фауна каждой геологической формации в широком смысле является промежуточной между предшествующей и последующей фаунами.

Все эти наблюдения были настолько наводящими на размышления, что Лайель, признанный лидер геологического мира, прочитав цитаты Дарвина, почувствовал себя способным отказаться от своего собственного грубого объяснения интродукции видов и принять гипотезу трансмутации, таким образом, доведя доктрину униформизма до полных пропорций, в которых Ламарк задумал ее полвека назад. Конечно, не все палеонтологи могли сразу последовать за ним; доказательство было еще недостаточно убедительным для этого; но все были поколеблены кажущейся надежностью своего прежнего положения, что всегда является необходимым этапом в развитии мысли. И общественный интерес к этому вопросу в мгновение ока был доведен до белого каления.

Итак, в третий раз за это первое столетие своего существования палеонтология была призвана сыграть ведущую роль в споре, интерес к которому простирался далеко за пределы степенной науки, ищущей истину. И спор, разгоревшийся по поводу возраста земли, не был более ожесточенным, спор о катастрофизме - не более язвительным, чем тот, который сейчас разгорелся по вопросу о трансмутации видов. Разумеется, этот вопрос имел последствия, выходящие далеко за рамки палеонтологии. Основные доказательства, которые пока были представлены, были почерпнуты совсем из других областей, но, по общему согласию, записи в горных породах могут послужить решающей проверкой истинности или ложности гипотезы. "Тот, кто отвергает этот взгляд на несовершенство геологической летописи, - сказал Дарвин, - справедливо отвергнет всю теорию".

Поэтому палеонтологи с чем-то большим, чем просто научное рвение, вновь обратились к записям в горных породах, чтобы выяснить, какие доказательства или опровержения можно найти на непрочитанных страницах "великой каменной книги". И, как и следовало ожидать, многие умы были таким образом подготовлены к получению новых доказательств, которые вскоре были утаены.

ИСКОПАЕМЫЙ ЧЕЛОВЕК

Действительно, в момент написания Дарвином этой книги публике была представлена новая и очень поучительная глава геологической летописи - глава, которая впервые ввела человека в эту историю. В 1859 году доктор Фальконер, выдающийся британский палеонтолог, посетил Аббевиль, расположенный в долине Соммы, подстрекаемый сообщениями, которые за десять лет до этого были отправлены оттуда месье Буше де Пертом. Эти сообщения были связаны с

предполагаемой находкой кремневых орудий труда, явно созданных человеком, в нетронутых слоях гравия, среди ископаемых останков мамонта и других вымерших животных. О том, что Фальконер увидел там и что получилось из его визита, лучше всего рассказать его собственными словами:

"В сентябре 1856 года я познакомился с моим выдающимся другом М. Буше де Пертом, - писал доктор Фальконер, - во время представления М. Деснойерса в Париже, когда он подарил мне более ранний том своих "Antiquites celtiques" и др., с которым я таким образом впервые познакомился. Я тогда только что закончил изучение ископаемых останков индейцев из долины Джамны; и поскольку древность человеческой расы интересовала обоих, мы свободно беседовали об этом, каждый со своей точки зрения. Господин де Перт пригласил меня посетить Аббевиль, чтобы осмотреть его допотопную коллекцию ископаемых и геологических находок, собранных в долине Соммы. Тогда я не смог этого сделать, но приберег это для будущего случая.

"В октябре 1856 года, решив отправиться на Сицилию, я договорился по переписке с М. Буше де Перт посетить Аббевиль во время моего путешествия по Франции. В то время я находился в постоянном общении с мистером Прествичем по поводу доказательств древности человеческой расы, полученных в Броксхэмской пещере, к которой он проявлял живой интерес; и я пообещал сообщить ему мнение, к которому я приду после изучения коллекции Аббевиля. мсье де Пертес предоставил мне самый свободный доступ к своим материалам с безоговорочными объяснениями всех фактов дела, которые попали в поле его зрения; и, рассмотрев срез Меншкура, сделанный с такой скрупулезной тщательностью, и идентифицировал коренные зубы элефаса. примигениус, который он эксгумировал собственными руками в глубине этого разреза, вместе с кремневым оружием, имеющим тот же характер, что и некоторые из найденных в Броксхэмской пещере, я пришел к убеждению, что они относятся к современному возрасту, хотя я не был готов согласиться с М. де Пертом во всех его выводах относительно иероглифов и в промышленной интерпретации различных других предметов, с которыми он встретился".(4)

О том, что на доктора Фальконера коллекция месье де Перта произвела большое впечатление, свидетельствует сообщение, которое он сразу же отправил своему другу Прествичу:

"Я был щедро вознагражден", - восклицает он. "Его коллекция кованых кремневых орудий и предметов всех описаний, связанных с ними, намного превосходит все, что я ожидал увидеть, особенно в одном населенном пункте. Со времени публикации своего первого тома он внес большие дополнения во второй, который сейчас находится у меня. Он показал мне кремневыетопорики, которые ОН ВЫКОПАЛ собственными руками, смешанные БЕЗ РАЗБОРА с коренными зубами *elephas primigenius*. Я осмотрел и идентифицировал пластины коренных зубов и кремневые предметы, которые были добыты вместе с ними. Аббевиль - отдаленное место, очень малопосещаемое, и французские ученые, которые встречаются с ним в Париже, смеются над месье де Пертом и его исследованиями. Но после того, как я посвятил большую часть дня его обширной коллекции, я совершенно удовлетворен тем, что имеется множество достоверных предположительных свидетельств в пользу многих его предположений относительно глубокой древности этих промышленных предметов и их связи с ныне вымершими животными. Отель мсье Буше - это от первого этажа до чердака настоящий музей, наполненный картинами, средневековым искусством и галльскими древностями, включая допотопные

кремневые ножи, ископаемые кости и т.д. Если следующим летом вам случится посетить Францию, позвольте мне настоятельно рекомендовать вам приехать в Аббевиль. Я уверен, что вы были бы щедро вознаграждены".(5)

Это письмо вызвало интерес английских геологов, и весной 1859 года Прествич и мистер (впоследствии сэр Джон) Эванс посетили Аббевиль, чтобы увидеть образцы и лично изучить свидетельства, на которые указал доктор Фальконер. "Свидетельства, полученные в долине Соммы, - продолжает Фальконер, рассказывая об этом визите, - были изучены со скрупулезной тщательностью и строгим и исчерпывающим анализом, которые характерны для исследований мистера Прествича. Выводы, к которым он пришел, были доведены до сведения Королевского общества 12 мая 1859 года в его знаменитых мемуарах, прочитанных 26 мая и опубликованных в *Philosophical Transactions* за 1860 год, которые, в дополнение к исследованиям, проведенным в долине Соммы, содержали отчет об аналогичных явлениях, представленных долиной Уэйвни, недалеко от Хоксна, в Саффолке. Мистер Эванс передал Обществу антикваров мемуары о характере и геологическом положении "Кремневых орудий в дрейфе", опубликованные в журнале *Archaeologia* за 1860 год. Результаты, к которым пришел мистер Прествич, были выражены следующим образом:

Первое. Что кремневые орудия являются результатом замысла и работы человека.

Второе. Что они найдены в слоях гравия, песка и глины, которые никогда не были искусственно нарушены.

-Третий. Что они встречаются в связи с остатками наземных, пресноводных и морских тестацеа, ныне живущих видов, и большинство из них все еще распространены в том же районе, а также с остатками различных млекопитающих - нескольких ныне живущих видов, но большей частью вымерших форм.

-Четвертый. Что период, в который произошло их погребение, был последующим за периодом боулдер-глины и в этой степени послеледниковым; а также что он был одним из самых поздних по геологическому времени - по—видимому, до того, как поверхность приняла свою нынешнюю форму, насколько это касается некоторых второстепенных особенностей ".(6)

Эти сообщения привлекли внимание общественности к очень важным ископаемым останкам человека в Аббевиле, в то время как публикации первого первооткрывателя, Буше де Перта, датированные 1847 годом, были полностью проигнорированы. Таким образом, нынешнему спору был придан новый аспект.

Как заметил доктор Фальконер, геология сейчас проходит через то же испытание, что и астрономия в эпоху Галилея. Но времена изменились с того дня, когда автор *Диалогов* был унижен перед Собранием Индекса, и теперь никакой *Index Librorum Prohibitorum* не мог скрыть от жадных человеческих глаз такие страницы геологической истории, которые опозорила сама Природа. Нетерпеливые искатели повсюду с удвоенным рвением переворачивали листья и добились немалого успеха. В частности, как раз в это время возник интерес к человеческому черепу, который доктор Фульротт обнаружил в пещере в Неандертале два или три года назад, — черепу, который с тех пор известен как череп неандертальца, типовому образцу того, что современные зоологи склонны рассматривать как отдельный вид человека, *Homo neanderthalensis*. Как и другие представители того же типа, обнаруженные с тех пор в Spy, он исключительно похож на обезьяну по характеру — низко изогнутый, со скошенным лбом и

огромными, выпуклыми бровями. Когда доктор Фульротт впервые продемонстрировал его ученым в Берлине в 1857 году, некоторые свидетели усомнились в его человеческом характере; однако в настоящее время в этом нет сомнений.

Эта интересная находка придала новое значение некоторым наблюдениям, которые были сделаны во Франции и Бельгии поколением ранее, но значение которых до сих пор игнорировалось. В 1826 году Мм. Турналь и Кристолю независимо друг от друга обнаружили в пещерах юга Франции то, что они считали окаменелостями человека; а в 1827 году доктор Шмерлинг обнаружил в пещере Энгис в Вестфалии ископаемые кости, имеющие еще большее значение. Исследования Шмерлинга проводились с предельной осторожностью и терпением. В Энгисе он нашел человеческие кости, включая черепа, перемешанные с костями вымерших млекопитающих периода мамонта таким образом, что у него не осталось сомнений в том, что все они относятся к одной геологической эпохе. Он опубликовал полный отчет о своих открытиях в тщательно разработанной монографии, выпущенной в 1833 году.

Но так случилось, что в то время человеческие окаменелости находились под запретом, столь же действенным, как и любые другие, когда-либо объявленные каноническим индексом, хотя и совершенно иного происхождения. Оракульный глас Кювье высказался против подлинности всех человеческих окаменелостей. Некоторые из костей, принесенных ему на экспертизу, великий анатом по недомыслию выбросил из окна, заявив, что они годятся только для кладбища, и это решило вопрос на целое поколение: свидетельства, собранные менее активными работниками, ничего не могли противопоставить решению, вынесенному в Дельфийском институте науки. Но ни один запрет, научный или канонический, не может дольше противостоять зародышевой силе факта, и поэтому теперь, после трех десятилетий подавления, правда, которую Кювье похоронил под тяжестью своих насмешек, разорвала свои оковы, и ископаемый человек предстал если не как существо из плоти и крови, то по крайней мере как скелет.

Прием, оказанный нашему доисторическому предку прогрессивной частью научного мира, равнялся овации; но ненаучные массы, с другой стороны, несмотря на их обычную любовь к прослеживанию отдаленных генеалогий, по-прежнему относились к людям Энгиса и неандертальцам холодно. Не все геологи были вполне согласны и с тем, что современность этих человеческих окаменелостей животным, чьи останки были смешаны с ними, была полностью установлена. Голая возможность того, что кости человека и животных, которые задолго до него были сметены в карнизы в последующие эпохи и каким-то таинственным образом перемешались там, была оставлена консерваторами как последнее прибежище. Но даже в этой небольшой мере безопасности им вскоре было отказано, поскольку в 1865 году двое сотрудников компании, месье Эдуард Лартэ и мистер Генри Кристи, исследуя пещеры Дордони, раскопали небольшое свидетельство, против которого не могло быть никаких возражений. Этим знаменательным экспонатом был кусочек слоновой кости, фрагмент бивня мамонта, на котором был нацарапан грубый, но безошибочно узнаваемый контурный портрет самого мамонта. Если все доказательства древности человека, представленные ранее, были просто наводящими на размышления, то здесь, наконец, была демонстрация; ибо пещерный человек не смог бы нарисовать изображение мамонта, если бы он не видел это животное, а признать, что человек и мамонт были современниками, означало бы признать всю правоту. Поэтому так скоро, когда был осознан весь смысл этого наиболее поучительного произведения искусства, скептицизм относительно древности человека был подавлен на все грядущие времена.

За поколение, прошедшее с тех пор, как был обнаружен первый рисунок художника-пещерного жителя, свидетельств широко распространенного существования человека в древнюю эпоху, бесконечно прибавилось, и сегодня палеонтологи прослеживают историю нашей расы за пределы железного и бронзового веков, через неолит, или век полированного камня, к палеолиту, или веку грубого камня, с уверенностью, порожденной недвусмысленным знанием. И он с уверенностью ожидает, что будущий исследователь окаменелостей Земли расширит историю до гораздо более отдаленных эпох, поскольку мало кто сомневается в том, что человек палеолита, самый древний из наших признанных прародителей, является современником по сравнению с теми поколениями, которые представляли настоящее детство нашей расы.

ЗАЛЕЖИ ИСКОПАЕМЫХ В АМЕРИКЕ

Одновременно с открытием этих наводящих на размышления страниц геологической истории в Америке стали появляться другие, еще более поучительные главы. Было обнаружено, что в районе Скалистых гор в слоях, обнаруженных на дне древних озер, были сделаны и сохранены записи третичного периода, или эпохи млекопитающих, с такой полнотой, какой не было ни в одном другом регионе, исследованном до сих пор геологически. Эти записи были обнародованы в основном профессорами Джозефом Лейди, О. К. Маршем и Э. Д. Коупом, работавшими независимо, а совсем недавно многочисленными молодыми палеонтологами.

Таким образом, обнаруженное обилие останков позвоночных значительно превосходит все предыдущие экспонаты с точки зрения простого количества. Профессор Марш, например, который был первым в этой области, обнаружил триста новых третичных видов в период с 1870 по 1876 год. Тем временем в слоях мелового периода он раскопал останки примерно двухсот птиц с зубами, шестисот птеродактилей или летающих драконов, некоторые из которых имели размах крыльев в двадцать пять футов, и тысячи пятисот мозазавров типа морских змей, некоторые из них были шестидесяти футов и более в длину. В единственном слое юрской породы, размером не больше хорошего лекционного зала, он обнаружил останки ста шестидесяти особей млекопитающих, представляющих двадцать видов и девять родов; в то время как в слоях того же возраста было обнаружено триста рептилий, варьирующихся от размера кролика до шестидесяти или восьмидесяти футов в длину.

Но главный интерес этих окаменелостей с Запада заключается не в их количестве, а в их природе; ибо среди них есть многочисленные иллюстрации именно таких промежуточных типов организмов, которые должны были существовать в прошлом, если последовательность жизни на земном шаре была непрерывной линейной преемственностью. Вот рептилии с крыльями, как у летучей мыши, и другие с птичьими тазами и ногами, приспособленными для двуногого передвижения. Вот птицы с зубами и другие рептильные персонажи. Короче говоря, что касается птиц-рептилий и птицеподобных рептилий, то разрыв между современными рептилиями и птицами вполне преодолен. Аналогичным образом различные формы млекопитающих, такие как тапир, носорог и лошадь, связаны друг с другом ископаемыми прародителями. И, что важнее всего, профессор Марш обнаружил серию останков млекопитающих, встречающихся в последовательные геологические эпохи, которые, как считается, без всяких придилок представляют фактическую линию происхождения современной лошади; прослеживая родословную нашего однопалого вида через двухи трехпалые формы, вплоть до предка в эоцене или раннем третичном периоде, у которого было

четыре функциональных пальца и рудимент пятого. Это открытие слишком интересно и слишком важно, чтобы не быть подробно описанным словами первооткрывателя.

Марш Описывает Ископаемую Лошадь

"Хорошо известен факт, - говорит профессор Марш, - что испанские первооткрыватели Америки не обнаружили лошадей на этом континенте и что современная лошадь (*Equus caballus*, Linn.) впоследствии был завезен из Старого Света. Однако не так широко известно, что эти животные прежде водились здесь в изобилии и что задолго до этого, в третичный период, ближайшие родственники лошади и, вероятно, ее предки существовали на дальнем Западе в бесчисленных количествах и в поразительном разнообразии форм. Останки млекопитающих семейства лошадиных, известные в настоящее время из третичных и четвертичных отложений этой страны, уже более чем вдвое превышают число родов и видов, обнаруженных до сих пор в пластах восточного полушария, и, следовательно, оказывают важнейшую помощь в прослеживании генеалогии лошадей, существующих до сих пор.

Животные этой группы, обитавшие в Америке в течение трех расселений третичного периода, были особенно многочисленны в районах Скалистых гор, и их останки хорошо сохранились в старых озерных бассейнах, которые тогда покрывали большую часть этой страны. Самое древнее из этих озер— простиравшееся на значительной части нынешних территорий Вайоминга и Юты, оставалось так долго во времена эоцена, что грязь и песок, медленно оседавшие в нем, скопились более чем на милю в вертикальную толщу. В этих отложениях было погребено огромное количество тропических животных, и здесь находятся древнейшие останки лошадей, четыре вида из которых были описаны. Они принадлежат к роду *Orohippus* (Болотные) и все небольшого размера, едва ли больше лисицы. Скелеты этих животных во многих отношениях напоминают скелет лошади, гораздо больше, чем у любого другого существующего вида, но вместо одного пальца на каждой ноге, столь характерного для всех современных лошадей, у различных видов *Orohippus* было четыре пальца спереди и три сзади, все из которых доставали до земли. Череп также был пропорционально короче, и глазница не была закрыта сзади костной перемычкой. Всего было пятьдесят четыре зуба, и премоляры были больше коренных. Коронки этих зубов были очень короткими. Клыки были развиты у обоих полов, а на резцах не было "метки", которая указывает на возраст современной лошади. Лучевая и локтевая кости были отдельными, а последняя была цельной по всей длине. Большеберцовая и малоберцовая кости были различимы. На передней части стопы все пальцы, кроме указательного, или первого, были хорошо развиты. Третий палец самый крупный, и его близкое сходство с лошадиным четко выражено. Конечная фаланга, или гробовидная кость, имеет неглубокую срединную кость спереди, как у многих видов этой группы позднего третичного периода. Четвертый палец превышает второй по размеру, а второй намного короче всех. Пястная кость значительно изогнута наружу. На задней лапе представителей этого рода всего три пальца. Четвертая плюсневая кость намного больше второй.

"Большее количество млекопитающих семейства лошадиных, известных в настоящее время из третичных отложений этой страны, и их регулярное распределение по подразделениям этой формации предоставляют хорошую возможность установить вероятное происхождение современной лошади. Американским представителем последнего является вымерший *Equus fraternus* (лейди), вид, почти, если не полностью, идентичный старому светскому *Equus caballus* (Линней), к которому принадлежит наша недавняя лошадь. Хаксли успешно проследил более

позднюю генеалогию лошади через европейские вымершие формы, но линия в Америке, вероятно, была более прямой, и запись более полная. Таким образом, если взять в качестве крайних представителей серии *Orohippus agilis* (Болотный) из эоцена и *Equus fraternus* (лейдийский) из четвертичного периода, промежуточные формы могут быть со значительной уверенностью выделены из тридцати или более хорошо заметных видов, обитавших в промежуточные периоды. Естественная линия происхождения, по-видимому, проходит через следующие роды: *Orohippus* из эоцена; *Miohippus* и *Anchitherium* из миоцена; *Anchippus*, *Hipparion*, *Protohippus*, *Phohippus* из плиоцена; и *Equus*, четвертичный и современный.

"Наиболее заметные изменения, которым подверглись последовательные роды лошадей, заключаются в следующем: во-первых, увеличение размера; во-вторых, увеличение скорости за счет концентрации костей конечностей; в-третьих, удлинение головы и шеи и модификации черепа. Эоценовый орогиппус был размером с лису. Миогиппус и анхитериум из миоцена были размером примерно с овцу. Гиппарион и плиохиппус из плиоцена были ростом с осла, в то время как размер четвертичного *Equus* полностью соответствовал размеру современной лошади.

"Увеличение скорости было столь же хорошо заметно и было прямым результатом постепенного формирования конечностей. Последние постепенно концентрировались за счет уменьшения их боковых элементов и увеличения осевой кости, пока сила, прилагаемая каждой конечностью, не стала действовать непосредственно через ее ось на линии движения. Эта концентрация хорошо видна, например, на передней конечности. Во-первых, произошли изменения в лопатке и плечевой кости, особенно в последней, что облегчило движение только в одну линию; во-вторых, увеличились лучевая кость и уменьшилась локтевая кость, пока только первая не осталась целой и эффективной; в-третьих, укоротились все кости запястья и увеличились срединные, что сделало запястье более крепким; в-четвертых, увеличился размер третьего пальца за счет пальцев с каждой стороны, пока только первая не стала поддерживать конечность.

Такова, вкратце, общая схема более заметных изменений, которые, по-видимому, привели к появлению в Америке высокоспециализированного современного *Equus* от его миниатюрного четырехпалого предшественника, эоценового *Orohippus*. Линия происхождения, по-видимому, была прямой, и известные сейчас останки обеспечивают все важные промежуточные формы. Конечно, невозможно с уверенностью сказать, через какой из трехпалых родов плиоцена, живших вместе, произошла преемственность. Не исключено, что последние виды, которые кажутся в целом идентичными, являются потомками более отчетливых плиоценовых типов, поскольку устойчивая тенденция у всех более ранних форм была в одном и том же направлении. Учитывая замечательное развитие этой группы в третичный период и ее существование даже позже, кажется очень странным, что ни один из видов не выжил и что мы обязаны нашей нынешней лошадью Старому Свету".(7)

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ ЭВОЛЮЦИИ

Эти и подобные им откровения стали известны в наше время - и, действительно, все еще раскрываются. Излишне говорить, что ни один индекс любого рода в настоящее время не пытается скрыть их; и все же кое-чего удалось добиться в том же направлении благодаря публикации открытий в бюллетенях Смитсоновского института и в технических мемуарах правительственных исследований. К счастью, однако, результаты были спасены от частичного

забвения такими интерпретаторами, как профессора Хаксли и Коуп, так что ненаучной публике было позволено получить хотя бы намек на удивительный прогресс палеонтологии нашего поколения.

Труды Хаксли, в частности, олицетворяют этот рекорд. В 1862 году он откровенно признал, что известные в то время палеонтологические данные, поскольку они имеют отношение к доктрине прогрессивного развития, опровергают эту доктрину. В 1870 году он смог "несколько смягчить суровость Брута" своего прежнего приговора и заявить, что результаты недавних исследований, по-видимому, "оставляют четкий баланс в пользу доктрины эволюции живых форм одна от другой". Шесть лет спустя, анализируя работы Марша в Америке и Годри в Пикерми, он заявил, что "согласно данным палеонтологии, эволюция многих существующих форм животной жизни от их предшественников является уже не гипотезой, а историческим фактом". В 1881 году он утверждал, что доказательства, собранные в предыдущем десятилетии, были настолько недвусмысленными, что, если бы гипотезы трансмутации не существовало, "палеонтологам пришлось бы ее изобрести".

С тех пор исследователи окаменелостей нагромождали доказательство за доказательством в ошеломляющем изобилии. Залежи ископаемых в "бесплодных землях" западной Америки кажутся неисчерпаемыми. А в долине реки Коннектикут близкие родственники крупных рептилий, которых профессор Марш и другие находили в таком изобилии на Западе— оставили свои следы на илистых отмелях, с тех пор превратившихся в песчаник; также было найдено несколько скелетов. Тела расы огромных рептилий, которые были владыками творения своего времени, были рассеяны по своим элементам, в то время как случайные отпечатки их ног, когда они мчались вдоль берегов, простые следы на песке, сохранились среди самых нетленных табличек памяти в мире.

Из других ископаемых позвоночных, найденных в восточных частях Америки, одними из наиболее распространенных и интересных являются скелеты мастодонтов. Из них одна из самых крупных и полных - та, что была обнаружена на дне осушенного озера близ Ньюбурга, штат Нью-Йорк, в 1845 году. Этот экземпляр был крупнее существующих слонов и имел бивни длиной одиннадцать футов. Он был установлен и описан доктором Джоном К. Уорреном из Бостона и вот уже полвека известен как "мастодонт Уоррена".

Но для исследователя расового развития, зафиксированного окаменелостями, все эти спорадические находки представляют лишь второстепенный интерес по сравнению с богатыми залежами ископаемых на Западе, о которых мы уже упоминали. Из раскопанных здесь записей можно сделать вывод, что расовая эволюция многих млекопитающих за последние несколько лет была рассмотрена в большей или меньшей степени подробно. Профессор Коуп с большой полнотой проследил родословную верблюдов (которые, как и носороги, гиппопотамы и многие другие формы, о которых сейчас говорят как о "Старом Свете", по-видимому, произошли именно здесь).

В этих слоях также была найдена лемуroidная форма млекопитающего, предположительно относящаяся к типу, от которого произошел человек. Считается, что потомки этого существа и других упомянутых выше форм "Старого Света" нашли свой путь в Азию, вероятно, как предположил профессор Марш, через мост в Беринговом проливе, чтобы продолжить свою эволюцию в другом полушарии, вымернув на земле своего рождения. Ископаемый человек-обезьяна, найденный в третичных слоях острова Ява в 1891 году голландским хирургом

доктором Юджином Дюбуа и названный *Pithecanthropus erectus*, возможно, был прямым потомком американского племени примитивных лемуринов, хотя это всего лишь предположение.

Не все странные звери, оставившие свои останки в наших "плохих землях", представлены живущими потомками. Титанотерии, или бронотериды, например, гигантское племя, ответвления того же происхождения, от которого произошли лошадь и носорог, представляли собой кульминацию линии происхождения. Они быстро развивались в геологическом смысле и расцвели примерно в середине третичного периода; затем, по выражению Агассиса, "время боролось против них". История их эволюции была разработана профессорами Лейди, Маршем, Коупом и Х. Ф. Осборном.

Недавним палеонтологическим свидетельством, имеющим отношение к вопросу интродукции видов, является то, которое представил доктор Дж. Л. Вортман в связи с ископаемым происхождением беззубых. Марш предположил в 1877 году, что эти существа, все современные представители которых являются южноамериканцами, возникли в Северной Америке задолго до того, как два континента имели какое-либо сухопутное сообщение. Стадии дегенерации, в результате которых эти животные постепенно теряли зубную эмаль, придя в конце концов к уникальному состоянию своих современных потомков из племени ленивцев, иллюстрируются поразительно подобранными образцами, хранящимися сейчас в Американском музее естественной истории, как показано доктором Вортманом.

Все эти и множество других недавних наблюдений, которые невозможно здесь даже кратко изложить, говорят об одном и том же. палеонтологи нашего времени единодушно считают вопрос интродукции новых видов решенным. Как сказал профессор Марш, "сомневаться в эволюции сегодня - значит сомневаться в науке; а наука - это всего лишь другое название истины".

Таким образом, третья великая битва за значение летописей окаменелостей подошла к завершению. Снова наступает перемирие в спорах, и случайному наблюдателю может показаться, что нынешняя позиция науки об окаменелостях окончательна и неприступна. Но действительно ли это означает, что был рассказан полный обзор истории палеонтологии? Или мы только ждем прихода Ламарка или Дарвина двадцатого века, которые атакуют укрепленные знания сегодняшнего дня батареями нового обобщения?

IV. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИИ

ДЖЕЙМС ХАТТОН

Естественно было бы предположить, что наука о земле, лежащей у ног человека, по крайней мере не отставала бы от науки о далеких звездах. Но, возможно, сама очевидность явлений задержала изучение земной коры. Именно недостижимое привлекает, мистифицирует и очаровывает развивающийся разум. Ребенок из пословицы с презрением бросает свои игрушки и плачет на луну.

Итак, в те последние дни восемнадцатого века, когда астрономы так далеко продвинулись в объяснении тайн отдаленных уголков Вселенной, мы обнаруживаем хаос мнений относительно структуры и образования Земли. Догадки не стремились объяснить формирование мира, это правда, но, за одним или двумя исключениями, они действительно причудливы. Одна теория предполагала, что земля сначала была сплошной массой льда, которая оживилась только после столкновения с кометой. Другие теории представляли первоначальный земной шар как массу воды, над которой плавали пары, содержащие твердые элементы, которые в свое время осаждались в виде корки на поверхности воды. Одним словом, различные схемы предполагали, что первоначальной массой был лед, или вода, или конгломерат воды и твердых тел, в соответствии со случайными фантазиями теоретиков; и предполагалось, что окончательное разделение на сушу и воду произошло всеми способами, которые могла изобрести фантазия, совершенно не проверенная никакими достоверными данными.

Считалось, что какие бы важные изменения в общем характере поверхности земного шара ни произошли с момента его сотворения, они обычно ассоциировались с всемирным потопом, и теории, пытавшиеся объяснить эту катастрофу, были вполне наравне с теми, которые касались более отдаленного периода истории Земли. Некоторые теоретики, считавшие, что внутренняя часть земного шара представляет собой огромную водную пропасть, предположили, что земная кора провалилась в эту пропасть и таким образом была затоплена. Другие считали, что земля изначально вращалась вокруг вертикальной оси и что внезапное изменение ее нынешнего положения привело к катастрофическому смещению ее океанов. Но, возможно, излюбленной теорией была та, которая предполагала, что комета прошла вблизи Земли и, вращаясь вокруг нее, перенесла воды под действием силы тяжести в виде огромного прилива на континенты.

Таким образом, большинство философов восемнадцатого века шли вслепую ощупью в своих попытках изучить то, что мы сейчас называем геологией. Введенные в заблуждение старыми дедуктивными методами, они основали не науку, а призрак науки, столь же нематериальный и столь же непохожий ни на что в природе, как любой другой фантом, который можно вызвать из глубин спекулятивного воображения. И все это время манящая земля лежала под ногами этих провидцев, но их глаза были устремлены в воздух.

Наконец, однако, нашелся человек, которому хватило проницательности увидеть, что призрачная наука геология прежде всего нуждается в материальном теле, и который взял на себя задачу обеспечить его. Это был доктор Джеймс Хаттон из Эдинбурга, врач, фермер и химик—промышленник - терпеливый, полный энтузиазма, уравновешенный приверженец науки. Вдохновленный своей любовью к химии для изучения характера горных пород и почв, Хаттон не успел далеко продвинуться, как земля предстала перед ним в новом свете. Он увидел то, чего поколения предшественников слепо отказывались видеть, - что лик природы повсюду, вместо того чтобы быть жестким и неизменным, постоянно пластичен и год от года претерпевает метаморфические изменения. Самые твердые породы день за днем медленно, но тем не менее верно разрушаются ветром, дождем и морозом, механическим истиранием и химическим

разложением, образуя измельченную землю и глину. Эта почва смывается постоянными ливнями и уносится в океаны. Сами океаны бьются о свои берега и коварно разъедают структуру песков и скал. Повсюду, медленно, но верно, поверхность суши стирается; ее вещество уносится, чтобы похоронить в морях.

Если эта денудация будет продолжаться достаточно долго, считает Хаттон, вся поверхность континентов должна быть стерта. Если это будет продолжаться ДОСТАТОЧНО ДОЛГО! И вместе с этой мыслью в его голове вспыхивает вдохновляющая концепция — идея о том, что солнечное время тянется долго, бесконечно долго. Эта мысль кажется достаточно простой — почти трюизмом — для ума двадцатого века; но потребовался гений, чтобы додуматься до нее в восемнадцатом. Хаттон обдумал это, осознал всю важность этого и положил в основу своей гипотезы, своей "теории земли".

СОВРЕМЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ

Гипотеза такова, что наблюдаемые изменения поверхности земли, продолжающиеся в течение неопределенного промежутка времени, должны привести к тому, что вся суша в конце концов окажется в море; континенты будут стираться до тех пор, пока океаны не затопят их. Что тогда? Почему по мере того, как континенты изнашиваются, океаны заполняются. На их дне пластами откладывается обломок исчезнувших континентов вместе с телами морских животных и растений. Почему эти обломки не могли затвердеть, образовав слои горных пород — основу новых континентов? Действительно, почему бы и нет?

Но есть ли у нас какие-либо доказательства того, что такое образование горных пород на дне океана действительно имело место? Безусловно, есть. Он представлен каждым слоем известняка, каждым выступающим фрагментом породы, содержащей ископаемые породы, каждым слоистым утесом. Как еще, кроме как в результате такого образования на дне океана, эти породы были слоистыми? Как иначе получилось, что в их недрах оказались раковины некогда живых организмов? Древние, находя ископаемые раковины, вмурованные в скалы, объясняли их просто причудами "природы и звезд". Менее суеверные поколения отвергли это объяснение, но не смогли дать разумного решения тайны. Для Хаттона это больше не тайна. Ему кажется очевидным, что основа нынешних континентов была заложена на дне древних морей, образовавшихся из обломков еще более древних континентов.

Но в цепи гипотезы Хаттона все еще не хватает двух звеньев, чтобы завершить ее. Благодаря чему ил океанского дна превратился в твердую породу? и каким образом эта скала поднялась над поверхностью воды, образовав новые континенты? Хаттон оглядывается в поисках ключа к разгадке и вскоре находит его. Повсюду вокруг нас есть выступающие породы, которые не расслаиваются, но которые для наблюдательного глаза свидетельствуют о том, что когда-то находились в расплавленном состоянии. Различные минералы смешаны вместе; галька разбросана по массивам породы, как сливы в пудинге; видно, что неправильные трещины в массивах породы, в остальном твердых, — так называемые прожилки, — заполнены таким же твердым гранитом другой разновидности, который, по мнению Хаттона, не мог попасть туда никаким мыслимым способом, кроме как в расплавленном виде, подобно тому, как жидкий металл заливается в формы литейщика. Даже слоистые породы, хотя они, по-видимому, и не были расплавлены, в некоторых случаях свидетельствуют о том, что они подвергались воздействию высокой температуры. Мрамор, например, явно представляет собой не что иное, как обожженный известняк.

Имея в своем распоряжении такие доказательства, Хаттон не затрудняется дополнить свою гипотезу. Фактором, который укрепил дно океана, по его словам, является подземное тепло. Та же самая сила, действуя чрезмерно, вызвала вулканические катаклизмы, подняв дно океанов и образовав континенты. Изрезанные и неровные поверхности гор, наклонный и ломаный характер слоистых пород повсюду являются постоянными свидетелями этих гигантских потрясений.

И на этом воображаемый цикл завершен. Континенты, размытые и унесенные в море действием стихий, снова превратились в скалы на дне океана, а затем снова превратились в континенты. И предполагается, что этот масштабный цикл, согласно схеме Хаттона, произошел не один раз, а снова и снова, бесчисленное количество раз. С этой уникальной точки зрения наш мир действительно является миром без начала и без конца; его континенты создавались и разрушались бесконечными сериями с незапамятных времен.

Хаттон сформулировал свою гипотезу, будучи еще молодым человеком, вскоре после середины века. Впервые он обнародовал это в 1781 году в докладе Эдинбургскому королевскому обществу:

"Твердый участок суши не мог бы соответствовать назначению обитаемого мира, - сказал Хаттон, - поскольку почва необходима для роста растений, а почва - это не что иное, как материал, собранный при разрушении твердой почвы. Следовательно, поверхность этой земли, населенной человеком и покрытой растениями и животными, природой подвержена гниению, растворяясь из того твердого и плотного состояния, в котором она находится; и эта почва неизбежно размывается постоянной циркуляцией воды, стекающей с вершин гор к общему вместилищу этой жидкости.

Таким образом, высоты нашей земли сравнивались с нашими берегами, наши плодородные равнины образовались из руин гор; и движущиеся воды все еще преследуют эти движущиеся материалы и перемещают их по наклонной поверхности земли. Эти подвижные материалы, выброшенные в море, не могут в течение длительного времени оставаться на берегу, поскольку под воздействием ветров, приливов и течений все подвижные предметы уносятся все дальше и дальше по пологому дну моря к непостижимым областям океана.

"Если растительная почва таким образом постоянно удаляется с поверхности земли, и если ее место затем должно быть занято за счет разрушения твердой почвы, как это представлено здесь, мы можем увидеть конец этой прекрасной машине; конец, возникающий не из-за ошибки в ее устройстве как мира, а из-за той разрушаемости ее суши, которая так необходима в системе земного шара, в экономике жизни и растительности.

"Огромное время, неизбежно необходимое для полного уничтожения земли, не должно противоречить тому взгляду на будущие события, на который указывают самые достоверные факты и самые одобренные принципы. Время, которое измеряет все в нашей идее и которого часто недостаточно для наших схем, для природы бесконечно и как ничто; оно не может ограничить то, благодаря чему только и существует; и поскольку естественный ход времени, который нам кажется бесконечным, не может быть ограничен какой-либо операцией, которая может иметь конец, прогресс вещей на этом земном шаре, который в природе не может быть ограничен временем, должен происходить в непрерывной последовательности. Следовательно, мы должны рассматривать как неизбежное разрушение нашей земли,

поскольку оно вызвано теми операциями, которые необходимы для устройства земного шара, рассматриваемого как пригодный для жизни мир, и поскольку мы не исследовали какую-либо другую часть экономики природы, в которой могли бы проявляться другие операции и другие намерения.

"Теперь мы рассмотрели земной шар как машину, сконструированную на химических, а также механических принципах, с помощью которых все его различные части приспособлены по форме, качеству и количеству к определенной цели — цели, достигаемой с уверенностью в успехе, и цели, из которой мы можем извлечь мудрость, рассматривая используемые средства.

Но следует ли рассматривать этот мир таким образом просто как машину, которая просуществует не дольше, чем ее части сохраняют свое нынешнее положение, свои надлежащие формы и качества? Или не может ли оно также рассматриваться как организованное тело, имеющее такое строение, в котором необходимый отказ машины естественным образом устраняется при использовании тех производительных сил, с помощью которых она была сформирована?

"Именно с этой точки зрения мы сейчас должны исследовать земной шар; чтобы увидеть, присутствует ли в устройстве мира репродуктивная операция, с помощью которой разрушенное устройство может быть снова восстановлено и таким образом обеспечен длительный период стабильности для машины, рассматриваемой как мир, содержащий растения и животных.

"Если после должного расследования в устройстве этого мира не будет обнаружено подобной воспроизводящей силы или преобразующего действия, у нас должны быть основания заключить, что система этой земли либо была намеренно сделана несовершенной, либо не была работой бесконечной силы и мудрости".(1)

Таким образом, это был важный вопрос, на который требовалось ответить, — вопрос о строении земного шара. Для достижения этой цели было необходимо, прежде всего, без ущерба изучить уже имеющийся материал, добавляя время от времени такие новые открытия, какие только можно было сделать, но всегда применяя ко всему неизменные научные принципы и индуктивные методы рассуждения.

"Если мы возьмем письменную историю человека за правило, по которому мы должны судить о времени зарождения вида, - сказал Хаттон, - то этот период будет лишь немногим отличаться от нынешнего положения вещей. История Моисея отодвигает это возникновение человека на небольшое расстояние; и в естественной истории не было найдено ни одного документа, по которому человеческому роду можно было бы приписать глубокую древность. Но это не относится к низшим видам животных, особенно к тем, которые обитают в океане и на его берегах. Мы находим в памятниках естественной истории доказательства того, что эти животные существовали очень давно; и таким образом мы получаем меру для вычисления периода времени, чрезвычайно отдаленного, хотя и далеко не точно установленного.

"Исследуя настоящее, мы имеем данные, на основании которых можем рассуждать о том, что было; и из того, что было на самом деле, у нас есть данные для заключения о том, что должно произойти в будущем. Следовательно, исходя из предположения, что действия природы равномерны и устойчивы, мы находим в естественных явлениях средства для заключения о том, что для производства тех событий, последствия которых мы видим, обязательно прошел определенный промежуток времени.

"Таким образом, при нахождении остатков морских животных всех видов в твердом теле нашей земли формируется естественная история этих животных, которая включает в себя определенный отрезок времени; и для выяснения этого отрезка времени мы должны снова обратиться к регулярным операциям этого мира. Таким образом, мы придем к фактам, указывающим на период, к которому никакая другая хронология не в состоянии вернуться.

"Мы находим следы морских животных в наиболее твердых частях земли, следовательно, эти твердые части образовались после того, как океан заселили те животные, которые свойственны этой текучей среде. Следовательно, если бы мы знали естественную историю этих твердых частей и могли проследить процессы, происходящие на земном шаре, в результате которых они образовались, у нас были бы какие-то средства для вычисления времени, в течение которого продолжали жить эти виды животных. Но как нам описать процесс, который никто не видел в действии и о котором нет никаких письменных свидетельств в истории? Это необходимо исследовать, во-первых, при изучении природы тех твердых тел, историю которых мы хотим знать; и, во-вторых, при изучении естественных процессов на земном шаре, чтобы увидеть, существуют ли в настоящее время такие процессы, которые, исходя из природы твердых тел, по-видимому, были необходимы для их образования.

"Есть несколько пластов мрамора или известняка, в которых не могут быть найдены некоторые из тех объектов, которые указывают на морской объект массива. Если, например, в массе мрамора, взятого из каменоломни на вершине Альп или Анд, будет найдена одна ракушка или кусочек коралла, то следует заключить, что этот слой камня первоначально образовался на дне моря, так же как и другой слой, который, очевидно, почти полностью состоит из ракушек и кораллов. Если, таким образом, обнаруживается, что один слой известняка имел морское происхождение, то следует заключить, что все сопутствующие слои того же типа образовались таким же образом.

"В этих известковых слоях, которые, очевидно, имеют морское происхождение, есть много участков с разреженной структурой, то есть первоначальная структура этих слоев в таких местах была разрушена, и была принята новая структура, характерная для определенного состояния известковой почвы. Это изменение вызвано кристаллизацией вследствие предшествующего состояния текучести, которое расположило соединяющиеся части таким образом, чтобы позволить им принять правильную форму и структуру, присущие данному веществу. Тело, внешняя форма которого была изменена в результате этого процесса, называется КРИСТАЛЛОМ; о теле, внутреннее расположение частей которого определяется этим процессом, говорят, что оно имеет РАЗРЕЖЕННУЮ СТРУКТУРУ, и это известно по его разрушению.

"Во всех регионах земли имеются огромные массы известкового вещества в той кристаллической форме или разреженном состоянии, в котором, возможно, нельзя найти ни следов какого-либо организованного тела, ни каких-либо указаний на то, что такое известковое вещество принадлежало животным; но поскольку в других массах эту разреженную структуру или кристаллическое состояние, очевидно, принимают морские известковые вещества в процессах, которые естественны для земного шара и которые необходимы для уплотнения слоев, не похоже, что разреженные массы, в которых не образуются фигурных тел, изначально отличались от других масс, которые, будучи лишь частично кристаллизованными и частично

все еще сохраняя свою первоначальную форму, имеют достаточно доказательств своего морского происхождения.

Таким образом, мы приходим к выводу, что все слои земли, не только те, которые состоят из таких известковых масс, но и другие, лежащие поверх них, возникли на дне моря.

Общий итог наших рассуждений таков, что, возможно, девять десятых или девяносто девять сотых этой земли, насколько мы видим, образовались в результате естественных процессов на земном шаре по сбору сыпучих материалов и отложению их на дне моря; объединение этих скоплений в различной степени и либо поднятие этих консолидированных масс над уровнем, на котором они образовались, либо понижение уровня этого моря.

Давайте теперь рассмотрим, насколько другое предположение о поднятии слоев под действием тепла над уровнем моря может быть подтверждено исследованием природных явлений. Пласты, образующиеся на дне океана, обязательно горизонтальны по своему положению или почти горизонтальны и непрерывны в своем горизонтальном направлении или протяженности. Они могут изменяться и постепенно приобретать природу друг друга в том, что касается материалов, из которых они сформированы, но в теле пласта естественным образом не может быть никаких внезапных изменений, переломов или смещений. Но если слои сцементированы теплом плавления и воздвигнуты с помощью расширяющей силы, действующей снизу, мы можем ожидать обнаружения всех видов переломов, смещений и деформаций в этих телах и всех степеней отклонения от горизонтального положения к вертикальному.

"Слои земного шара на самом деле находятся во всех возможных положениях: в горизонтальном они часто оказываются вертикальными; в непрерывном они изломаны и разделены во всех возможных направлениях; а в плоском они изогнуты и удвоены. Невозможно, чтобы они могли быть первоначально сформированы известными законами природы в их нынешнем состоянии и положении; и сила, которая с необходимостью потребовалась для их изменения, была не ниже той, которая могла бы потребоваться для их возвышения из того места, где они были сформированы".(2)

Таким образом, исходя из всего этого, Хаттон пришел к выводу, что возвышение участков суши над уровнем воды на поверхности земли было вызвано той же силой, которая действовала при уплотнении слоев и придании им устойчивости. Он предполагал, что эта сила возникает в результате расширения нагретой материи.

"Мы, - сказал он, - теперь предполагаем, что начало нашей нынешней земли было положено на дне океана, когда закончилась прежняя суша, но это было только для наглядности. Справедливая точка зрения такова, что, когда прежняя суша земного шара была закончена, чтобы начать опустошаться и разрушаться из-за вторжения моря, нынешняя суша начала появляться над поверхностью океана. Таким образом, мы предполагаем, что на поверхности земного шара всегда должна сохраняться надлежащая пропорция суши и воды для создания пригодного для жизни мира, подобного тому, которым мы обладаем. Таким образом, мы также даем время и возможность для переселения животных и растений на землю.

"Но если земля, на которой мы живем, начала появляться в океане в то время, когда ПОСЛЕДНИЙ начал растворяться, то нынешняя земля не могла быть построена из материалов континента, непосредственно предшествовавшего тому, который мы исследуем; ибо дно

океана должно было быть заполнено материалами, прежде чем суша могла появиться над его поверхностью.

"Давайте предположим, что континент, который должен прийти на смену нашей земле, в настоящее время начинает появляться над водой посреди Тихого океана; должно быть очевидно, что материалы этого огромного тела, которое сформировалось и готово к появлению, должны были быть собраны при разрушении земли, которая сейчас не появляется. Следовательно, в этом истинном изложении дела обязательно требуется уничтожение животного и растительного мира, предшествовавшего бывшей суше; и материалы той земли, которая является первой в нашем описании, должны были быть собраны на дне океана и начали перерабатываться для создания нынешней земли, когда суша, непосредственно предшествующая нынешней, достигла своей полной протяженности.

"Теперь мы подошли к концу наших рассуждений; у нас больше нет данных, чтобы немедленно сделать вывод из того, что есть на самом деле; но у нас их достаточно; мы с удовлетворением обнаруживаем, что в природе существуют мудрость, система и последовательность. Поскольку в естественной истории земли мы видели последовательность миров, мы можем из этого заключить, что в природе существует система; точно так же, как из наблюдения за вращениями планет делается вывод, что существует система, с помощью которой они предназначены для продолжения этих вращений. Но если последовательность миров установлена в системе природы, то напрасно искать что-либо более высокое в происхождении земли. Таким образом, результатом нашего нынешнего исследования является то, что мы не находим ни намека на начало, ни перспективы конца".

Каким бы замечательным ни казался этот документ в свете более поздних сведений, ни друг, ни враг не соизволили заметить его в данный момент. В виде книги она не публиковалась до последнего десятилетия века, когда Хаттон жил со своей теорией и работал над ней почти пятьдесят лет. Затем она привлекла внимание всего мира. Школа последователей излагала хаттоновские доктрины; конкурирующая школа под руководством Вернера в Германии выступала против некоторых деталей гипотезы, и образованный мир в целом косо относился к спорщикам. Сама новизна новых взглядов препятствовала их немедленному принятию. На "ереси" были нанесены ожесточенные удары, и это должно было быть трезвым суждением, которое в 1800 году объявило теории Хаттона "не только враждебными священной истории, но и в равной степени враждебными принципам вероятности, результатам самых точных наблюдений за минеральным царством и требованиям рациональной философии". И все это потому, что теория Хаттона предполагала, что земля существует более шести тысяч лет.

Таким образом, оказывается, что, хотя в те последние дни восемнадцатого века мышление людей расширилось и включило в себя звезды, оно еще не расширилось до того, чтобы получить самые очевидные записи, которые написаны повсюду на поверхности земли. Прежде чем взгляды Хаттона могли быть приняты, его ключевая концепция о том, что время велико, должна быть подтверждена убедительными доказательствами. Доказательства собирались Уильямом Смитом, Кювье и другими приверженцами зарождающейся науки палеонтологии в последние дни столетия, но их труды были завершены только в последующую эпоху.

НЕПТУНИСТЫ Против ПЛУТОНИСТОВ

Между тем теория Джеймса Хаттона о том, что континенты стираются и заменяются вулканическими потрясениями, приобрела сравнительно мало сторонников. Даже ясные иллюстрации хаттоновской теории, которые Плейфер, ученик и друг великого шотландца, опубликовал в 1802 году, не сразу оказались убедительными. Мир был очарован конкурирующей теорией знаменитого современника Хаттона Вернера Саксонского — теорией, которая учила, что "в начале" все твердые частицы нынешней земной коры были растворены в нагретых водах вселенского моря. Вернер утверждал, что все горные породы, какого бы характера они ни были, образовались в результате выпадения осадков из этого моря по мере охлаждения воды; что таким образом возникли даже жилы; и что горы представляют собой гигантские кристаллы, а не поднятые массы. Одним словом, он практически игнорировал вулканическую деятельность и полностью отрицал теорию метаморфоза горных пород под действием тепла.

Последователи Вернера стали известны как непунисты; хаттонцы - как плутонисты. История геологии в первой четверти девятнадцатого века - это в основном изложение безудержных споров между этими противоположными школами; хотя не следует забывать, что тем временем члены Лондонского геологического общества прилагали усилия к поиску фактов и избегали компрометирующих теорий. Однако факт и теория были слишком тесно связаны, чтобы их можно было таким образом разделить.

Основная тяжесть споров пришла на нерасслоенные породы — граниты и их союзники, — которые, как утверждали плутонисты, имеют магматическое происхождение. Это утверждение имело теоретическую поддержку в виде набиравшей тогда силу небулярной гипотезы, которая предполагала, что земля представляет собой остывающий шар. Плутонисты также придавали большое значение наблюдаемому факту, что температура земли повышается в довольно постоянном соотношении по мере того, как в шахтах осуществляется спуск к ее центру. Но в особенности они обращались к явлениям вулканов.

Доказательства из этого источника были собраны и детально проработаны мистером Г. Пулеттом Скроупом, секретарем Геологического общества Англии, который в 1823 году опубликовал классическую работу о вулканах, в которой утверждал, что вулканические горы, включая некоторые из самых высоких известных вершин, представляют собой просто скопившиеся массы лавы, извергнутые из расщелины в земной коре.

"Предположим, что земной шар имел какую-либо неправильную форму при отделении от солнца, - сказал Скроуп, - испарение его поверхности и, конечно, выступающих углов вместе с его вращательным движением вокруг своей оси и разжижением его внешней оболочки обязательно придали бы ему форму сплюснутого сфероиды. По мере углубления процесса расширения исходные гранитные слои сначала частично дезагрегировались, затем измельчались и более или менее разжижались, кристаллы сливались в эластичном носителе, образующемся в результате испарения воды, содержащейся между пластинками.

"Там, где эта жидкость образовалась в изобилии в результате сильного расширения, то есть во внешних и сильно разрушенных слоях, превосходящий удельный вес кристаллов заставил ее просачиваться вверх, и, таким образом, на поверхности земного шара образовалось большое количество водяного пара. По мере того как эта эластичная жидкость поднималась во внешнее пространство, ее постоянно увеличивающееся расширение, должно быть, пропорционально

понижало ее температуру; и, как следствие, часть ее вновь конденсировалась в воду и опускалась обратно к более твердой поверхности земного шара.

"И таким образом, в течение определенного времени, должно быть, продолжалось бурное взаимодействие атмосферных явлений — потоки пара поднимались наружу, в то время как столь же мощные потоки конденсированного пара, или дождя, падали на землю. Скопление последнего на еще нестабильной и неуплотненной поверхности земного шара образовало первобытный океан. Поверхность этого океана подвергалась постоянному испарению из-за сильной жары; но этот процесс, извлекающий калорийность из слоя воды внизу, путем частичного ее охлаждения, имел тенденцию сохранять остаток в жидкой форме. Океан будет содержать, как в растворе, так и во взвешенном состоянии, многие вещества, вынесенные вверх из гранитного слоя, в котором образовались пары, из-за конденсации которых он произошел, и которые они пересекли при своем подъеме. Растворенными веществами, вероятно, были силикат, карбонаты и сульфаты извести, а также те другие минеральные вещества, которые вода при высокой температуре и при таких обстоятельствах могла удерживать в растворе. Взвешенные вещества, вероятно, представляли собой все более легкие и мелкие частицы верхних слоев, где разрушение было экстремальным; и особенно их слюда, которая из-за разреженности своих пластинчатых кристаллов легче всего уносится поднимающейся жидкостью и дольше всего остается во взвешенном состоянии.

Но по мере того, как потоки пара, удерживающие эти различные вещества в растворе и суспензии, поднимались вверх, большая часть распавшихся кристаллов постепенно оседала; в первую очередь кристаллы полевого шпата и кварца, причем слюда, как было замечено выше, судя по форме ее пластинок, обладала особой плавучестью и поэтому дольше всего удерживалась во взвешенном состоянии.

"Кристаллы полевого шпата и кварца по мере их оседания вместе с небольшой долей слюды естественным образом располагались бы так, чтобы их наибольшие размеры были более или менее параллельны поверхности, на которой они покоятся; и этот параллелизм впоследствии был бы увеличен, как мы увидим ниже, давлением этих слоев, поддерживаемым весом поддерживаемого столба вещества и расширяющей силой под ними. Я полагаю, что эти пласты, когда они уплотняются, образуют гнейсовую формацию.

"Чем дальше в глубину продвигался процесс расширения, тем больше удлинялся столб жидкого вещества, который, тяготея к центру земного шара, имел тенденцию сдерживать любое дальнейшее расширение. Следовательно, очевидно, что после того, как земной шар вышел на свою действительную орбиту и с этого момента потерял небольшую часть окружающей его материи, которая с этого момента в целом начала притягиваться к его центру, скорость внутреннего расширения постоянно возрастала; и, наконец, должен был наступить момент, когда силы расширения и вытеснения достигли равновесия и дальнейшее продвижение процесса внутрь было остановлено огромным давлением тяготеющего столба жидкости.

"Эту колонну можно рассматривать как состоящую из разных слоев, хотя переход от одного края полной прочности к другому, полному расширению, в действительности должен был быть совершенно постепенным. Самый нижний слой, непосредственно над крайним пределом расширения, будет представлять собой гранит, едва РАСЩЕПЛЕННЫЙ и ставший несовершенно жидким из-за частичного испарения содержащейся в нем воды.

Второй слой представлял собой ИЗМЕЛЬЧЕННЫЙ гранит; водяной пар образовался в таком количестве, что смог подняться вверх, частично разрушив кристаллы полевого шпата и слюды и поверхностно растворив кристаллы кварца. Эта масса вновь затвердеет в гранит, хотя и с более мелкими зернами, чем предыдущая порода.

Третий слой был настолько разрушен, что большая часть слюды была унесена выходящим паром ВО ВЗВЕШЕННОМ СОСТОЯНИИ и кварцем в растворе; кристаллы полевого шпата с оставшимся кварцем и слюдой ОСЕЛИ из-за своего удельного веса и расположились в горизонтальных плоскостях.

"Консолидация этого слоя привела к образованию гнейса.

"Четвертая зона будет состоять из океана мутной и нагретой воды, содержащей слюду и т. Д. Во взвешенном состоянии и кварц, карбонат извести и т. Д. В растворе, И ее постоянно пересекают возвратно-поступательные движения тел из нагретой воды, поднимающейся снизу, и холодной жидкости, опускающейся с поверхности, из-за их удельного веса.

"Вызванное таким образом возмущение надолго задержит осаждение взвешенных частиц. Но это должно было происходить постепенно, зерна кварца и более крупные и грубые пластинки слюды оседали первыми, а самые мелкие - последними.

Но осколки кварца и слюды осаждались не поодиночке; значительная часть кварца, находившегося в РАСТВОРЕ, должно быть, осаждалась одновременно с охлаждением воды и, следовательно, постепенно теряла способность удерживать такое количество в растворе. Таким образом, постепенно происходило образование слюдяного сланца, слюда не полностью перекристаллизовывалась или просто соединялась вместе в горизонтальные пластины, между которыми кварц либо распределялся в основном мельчайшими зернами, либо объединялся в кристаллические ядра. На других участках вместо silex выпадал в осадок карбонат известняков вместе с большей или меньшей частью каменноугольного осадка, что привело к образованию сахароидных известняков. В более поздний период, когда океан еще больше остыл, каменная соль и сульфат извести локально осаждались аналогичным образом.

"Пятый слой был воздушным и состоял большей частью из водяных паров; остальная часть представляла собой соединение других эластичных жидкостей (постоянных газов), которые образовались, вероятно, в результате улетучивания некоторых веществ, содержащихся в примитивном граните, и уносились вверх с водяными парами снизу. Эти газы были либо смешаны вместе, либо иным образом утилизированы в соответствии с их различным удельным весом или химическим сродством, и этот слой составлял атмосферу или воздушную оболочку земного шара.

"Когда, таким образом, общее и положительное расширение земного шара, вызванное внезапным снижением внешнего давления, прекратилось (вследствие того, что СИЛА ВЫТЕСНЕНИЯ, состоящая из веса его жидкой оболочки, достигла равновесия с СИЛОЙ РАСШИРЕНИЯ, состоящей из теплоты нагретого ядра), быстрое поверхностное испарение океана продолжилось; и, постепенно снижая его температуру, вызвало выпадение в осадок пропорционального количества минералов, содержащихся в нем в растворе, особенно его силекса. Эти вещества, падающие на дно, сопровождаемые значительной долей веществ, находящихся в растворе, особенно слюды, вследствие большей сравнительной невосмутимости океана, агломерировали их в более или менее плотные слои горных пород

(сланцевую формацию), образуя первую кору или твердую оболочку земного шара. На этом месте постепенно откладывались другие слоистые породы, состоящие иногда из смеси, иногда из чередования осадков, а иногда и из конгломератов, что дало начало ПЕРЕХОДНЫМ формациям.

"Под этой корой сейчас начался новый процесс. Внешние зоны кристаллического вещества внезапно охладилась в результате быстрого испарения и частичного выхода содержащейся в них воды, что привело к забору калорий из сильно нагретого ядра земного шара. Эти кристаллические зоны имели неодинаковую плотность, расширение, которому они подверглись, уменьшалось сверху вниз.

"Однако их расширяющая сила была одинаковой во всех точках, а их температура повсюду имела обратное отношение к их плотности. Но когда за счет поступления калории из внутреннего и не поглощенного ядра температура и, следовательно, сила расширения нижних слоев расширенного кристаллического вещества увеличивались, это воздействовало на верхние и более разжиженные слои. Поскольку прочность и вес твердой оболочки из осажженных и осадочных отложений, покрывавших их, не позволяли им выходить НАРУЖУ, они выдерживали давление, непропорциональное их силе расширения, и, следовательно, были пропорционально уплотнены, а также в результате продолжения процесса, когда вышележащие слои были достаточно устойчивыми, в конце концов уплотнились.

"Этот процесс уплотнения, должно быть, продвигался сверху вниз с увеличением силы расширения в нижних слоях, начиная с верхней поверхности, которая, поскольку ее температура была самой низкой, оказывала наименьшее сопротивление силе сжатия.

"В результате этого процесса верхняя зона кристаллического вещества, которая вспучилась настолько, что позволила выйти его водяным парам и большей части слюды и кварца, была повторно затвердевшей, при этом составляющие кристаллы располагались в плоскостях, перпендикулярных направлению давления, под действием которого масса уплотнялась, то есть радиусу земного шара. Результатом, как уже отмечалось, стало образование гнейса.

"Нижняя зона едва разрушенного гранита, из которой вышла только часть пара и кварца и ни одна слюда, восстановилась беспорядочным или гранитоидным образом; но на ней видны следы процесса, которому она подверглась, в виде разбитых кристаллов полевого шпата и слюды, округлых и поверхностно растворенных зерен кварца, вкрапленных фрагментов (отколовшихся от более твердых частей массы по мере ее подъема и окутанных более мягкими частями), конкреционных конкреций и новых минералов и т.д.

"Под этим гранит, который был просто разрушен, снова затвердел и вернулся во всех отношениях к своему прежнему состоянию. Температура, однако, а вместе с ней и сила расширения нижней зоны постоянно возрастала, теплотворная способность внутренней части земного шара все еще пыталась прийти в равновесие, переходя к менее сильно нагретой земной коре.

"Эта постоянно растущая экспансивная сила, должно быть, в конце концов преодолела сопротивление, которому противостояли прочность и вес вышележащих консолидированных слоев. Разумно предположить, что этот результат произошел одновременно или почти одновременно во многих местах, где случайные обстоятельства в структуре или составе океанических отложений привели к тому, что они поддавались более быстро; и таким образом

были образованы те первоначальные трещины в первичной земной коре, через некоторые из которых (трещины возвышения) были внедрены части внутренних кристаллических зон в твердом или почти твердом состоянии вместе с большим или меньшим количеством вспучивающегося гранита описанным выше способом; в то время как другие (трещины извержения) привели к экстравазации нагретого кристаллического материала. вещество в форме лавы, то есть еще более сжиженное из—за большего сравнительного снижения давления, которому они подвергались".(3)

Нептунисты стойко отстаивали водное происхождение вулканических гор, как и других. Но факты были на стороне Скроупа, и со временем было признано, что не просто вулканы, но и многие "ловушечные" образования, не имеющие формы кратеров, образовались в результате выдавливания расплавленной породы через трещины в вышележащих слоях. Таковы, например, если привести знакомые иллюстрации, гора Холиок в Массачусетсе и хорошо известная формация Палисейдс вдоль Гудзона.

Но признать "плутоническое" происхождение столь широко распространенных образований означало практически отказаться от нептуновой гипотезы. Так постепенно стало приниматься хаттоновское объяснение происхождения гранитов и других "магматических" пород, будь то скопления или жилы. Тогда большинство геологов стали думать о земле как о расплавленной массе, на которой кора лежит простой пленкой. Некоторые, действительно, вместе с Лайеллом, предпочитали верить, что расплавленные области существуют только в виде озер в твердой коре, нагретых до плавления, возможно, за счет электрического или химического воздействия, как предположил Дэви. Совсем недавно популярная теория пытается согласовать геологические факты с утверждением физиков о том, что вся масса земли по меньшей мере такая же твердая, как сталь, предполагая, что между наблюдаемой твердой корой и предполагаемым твердым ядром находится расплавленная пленка. Но как бы то ни было, теория о том, что подземное тепло сыграло важную роль в определении состояния "первичных" горных пород и в возникновении многих других явлений земной коры, никогда не оспаривалась с тех пор, как к ее утверждению привели длительные споры между нептунистами и плутонистами.

ЛАЙЕЛЛ И УНИФОРМИЗМ

Если расплавленное вещество существует под земной корой, оно должно сжиматься при охлаждении и при этом нарушать уровень уже затвердевшей части земной коры. Таким образом, правдоподобное объяснение смещения континентов и гор было дано плутонианской теорией, как и предполагал Хаттон с самого начала. Но теперь возникло важное расхождение во мнениях относительно точного обоснования таких потрясений. Сам Хаттон и практически все остальные, кто принимал его теорию, предполагали, что существуют длительные периоды относительного покоя, в течение которых уровень земной коры остается неизменным, за которыми следуют короткие периоды активного напряжения, когда континенты выбрасываются с вулканической внезапностью, как при гигантском землетрясении. Но теперь появился Чарльз Лайель со своим знаменитым продолжением "униформистской" доктрины, утверждающий, что прошлые изменения земной поверхности были подобны нынешним изменениям как по степени, так и по характеру. Создание континентов и гор, сказал он, сегодня происходит так же быстро, как и когда-либо в прошлом. Ни разу не было гигантских катастрофических потрясений, но все изменения уровня слоев в целом происходили постепенно, путем медленных колебаний или,

самое большое, в результате повторяющихся землетрясений, которые все еще часто наблюдаются.

В поддержку этого весьма поразительного утверждения Лайелл собрал массу свидетельств недавних изменений уровня континентальных территорий. Путем личного осмотра он подтвердил заявление Плейфера в 1802 году и Фон Буха в 1807 году о том, что береговая линия Швеции поднимается со скоростью от нескольких дюймов до нескольких футов за столетие. Он привел наблюдения Дарвина, которые докажут, что Патагония аналогичным образом поднимается, и утверждение Пингеля о том, что Гренландия медленно погружается. Доказательств внезапных изменений уровня на несколько футов на больших площадях из-за землетрясений было приведено множество. Накопленные данные больше не оставляют сомнений в том, что такие колебательные изменения уровня, как вверх, так и вниз, являются вполне обычным явлением, и нельзя отрицать, что эти наблюдаемые изменения, если они будут продолжаться достаточно долго в одном направлении, приведут к самым высоким отметкам. Все свободно допускали возможность того, что создание даже самых высоких горных цепей было осуществлено без преувеличенных катастрофических последствий.

Стало ясно, что предположительно устойчивые поверхности суши на самом деле гораздо более изменчивы, чем поверхность "движущегося моря"; что континентальные массы, кажущиеся такими неподвижными, на самом деле вздымаются и опускаются волнами высотой в тысячи футов, причем на движение между гребнем и впадиной уходят века, а не мгновения.

Эти медленные колебания поверхности суши были поняты, и многие геологические загадки прояснились — например, чередование морских и пресноводных формаций в вертикальном ряду, которое Кювье и Броньяр наблюдали недалеко от Парижа; или прослоение слоев угля субаэральной формации между слоями подводной глины или песчаника, которое можно наблюдать повсюду в угольных месторождениях. В частности, чрезвычайная толщина осадочных слоев в целом, во много раз превышающая глубину самого глубокого из известных морей, была впервые объяснима, когда стало понятно, что такие слои образовались на медленно опускающемся дне океана.

Таким образом, были устранены все сомнения относительно способа происхождения слоистых пород, и открылся путь для более благоприятного рассмотрения другой хаттоновской доктрины о чрезвычайно медленном обнажении поверхности суши. Огромное количество эрозии земель станет очевидным любому, кто разумно использует свои глаза в горной местности. В любом регионе, где пласты наклонены — как, например, в Аллегани, — будет очевидно, что огромные складки пластов, которые, должно быть, когда-то поднимались на мили в высоту, во многих случаях были полностью стерты, так что теперь долина отмечает местоположение бывшего возвышения. Там, где слои ровные, как в случае с горами Сицилии, Шотландским нагорьем и знакомыми Катскиллами, признаки денудации, по возможности, еще более заметны; поскольку здесь ясно, что возвышенность и долина были вырезаны стихиями из суши, поднявшейся из моря в виде ровных плато.

Но то, что этот титанический труд по созданию рельефа мог быть осуществлен благодаря медленному действию ветра, мороза и ливня, было идеей, которую мало кто мог осознать в течение первых полувека после того, как Хаттон выдвинул ее; и она не начала приобретать широкого распространения до тех пор, пока крестовый поход Лайелла против катастрофизма, начавшийся примерно в 1830 году, на четверть века приучил геологов к мысли о медленных,

непрерывных изменениях, приводящих к конечным результатам колоссальных масштабов. И даже долгое время после этого с этим боролись такие люди, как Мерчисон, генеральный директор Геологической службы Великобритании, считавшийся в то время выдающимся полевым геологом своего времени, который продолжал верить, что существующие долины обязаны своими основными чертами подземным разрушительным силам. Однако даже Мерчисон несколько отступил от мнения континентальных властей, Эли де Бомона и Леопольда фон Буха, которые утверждали, что горы возникли подобно настоящим чертикам в коробке. Фон Бух, которого его друг и соученик Фон Гумбольдт считал выдающимся геологом того времени, умер в 1853 году, все еще твердо придерживаясь своей ранней веры в то, что неустойчивые камни, найденные высоко на Юре, были выброшены туда, подобно пушечным ядрам, через Женевскую долину внезапным поднятием соседнего горного хребта.

АГАССИС И ЛЕДНИКОВАЯ ТЕОРИЯ

Валуны, присутствие которых на скалах Юры старый геринец объяснял столь театрально, долгое время были источником разногласий среди геологов. Они встречаются не только на Юре, но и на бесчисленном множестве других гор во всех северных широтах с умеренным климатом, и часто далеко на открытой местности, как могли бы засвидетельствовать многие фермеры, сломавшие о них свой плуг. Ранние геологи объясняли их, как и почти все остальное, предполагаемым Потопом. Броньяру, Кювье, Бакленду и их современникам, по-видимому, было нетрудно представить, что массы гранита весом в сотни тонн были унесены этим течением за десятки или сотни миль от их источника. Но, конечно, униформистская вера не допускала такого объяснения и не могла одобрить идею проекции; поэтому Лайеллю пришлось найти какое-то другое средство передвижения для озадачивающих эксцентричных людей.

Единственным доступным средством был лед, но, к счастью, этого оказалось вполне достаточно. Айсберги, по словам Лайелла, несут на себе всевозможный мусор и откладывают его на морском дне. Нынешние поверхности суши часто были погружены под воду. Во время последнего из этих затоплений айсберги отложили валуны, которые сейчас разбросаны тут и там по суше. Ничего не могло быть проще или более явно униформистского. И даже катастрофисты, хотя они дружелюбно относились к Лайеллю почти без какой-либо другой теоретической основы, были склонны признать правдоподобность его теории хаотичности. Действительно, из всех нонконформистских доктрин Лайелла эта, казалось, с наибольшей вероятностью встретила всеобщее признание.

Тем не менее, даже в то время, когда эта теория-айсберг становилась все больше и больше перед геологическим миром, проводились наблюдения в другой области, которым было суждено показать ее ошибочность. Еще в 1815 году остроглазый охотник на серн из Альп по имени Перроден заметил существование беспорядочных видов и, в отличие от большинства своих товарищей-охотников, ломал голову над тем, как боулдеры оказались там, где он их видел. Он ничего не знал ни о затопленных континентах, ни об айсбергах, ни тем более о вздымающихся горах; и хотя он, несомненно, слышал о Потопе, у него не было опыта общения с тяжелыми камнями, плавающими в воде, как пробки. Более того, он никогда не наблюдал, как камни катились в гору и сами садились на горные вершины, и он был достаточно хорошим сторонником униформизма (хотя он был бы действительно озадачен, если бы кто-нибудь сказал ему об этом), чтобы не верить, что камни в прошлые времена вели себя в этом отношении иначе, чем камни настоящего. И все же камни там. Как они туда попали?

Горец подумал, что может ответить на этот вопрос. Он видел вокруг себя гигантские змеевидные потоки льда, называемые ледниками, "которые медленно катились из своих далеких источников", унося с собой гранитные блоки и другой мусор, образуя моренные отложения. Если бы эти ледники когда-то были намного обширнее, чем сейчас, они могли бы унести боулдеры и оставить их там, где мы их находим. С другой стороны, никакое другое природное явление в сфере знаний охотника на серн не могло бы достичь этого, следовательно, ледники когда-то должны были быть более обширными. Перроден, вероятно, сказал бы, что к такому выводу его привел здравый смысл; но как бы то ни было, ему пришла в голову одна из немногих по-настоящему оригинальных идей, которыми может похвастаться девятнадцатый век.

Перроден поделился своей идеей с величайшим ученым в своем маленьком мире — Жаном де Шарпантье, директором шахт в Бек, опытным геологом, который был соучеником Фон Буха и фон Гумбольдта под руководством Вернера во Фрейбергской горной школе. Шарпантье рассмеялся над нелепой идеей горца и больше не думал о ней. И прошло десять лет, прежде чем Перроден смог найти кого-либо, кто отнесся бы к его идее с большим уважением. Затем он нашел слушателя в лице М. Венца, инженера-строителя, который прочитал доклад о новой ледниковой теории перед местным обществом в 1823 году. Это еще раз привлекло внимание Де Шарпантье, который теперь почувствовал, что в этом деле, возможно, есть что-то, заслуживающее расследования.

Обследование местности в свете новой теории вскоре убедило Шарпантье, что охотник на серн с самого начала был прав. Он стал ярым сторонником идеи о том, что Альпы когда-то были покрыты толщей льда, и в 1836 году довел эту идею до сведения Луиса Агассиса, который проводил лето в Альпах. Сначала Агассис отнесся к этому скептически, но вскоре стал новообращенным.

В 1840 году Агассис опубликовал статью, в которой подробно изложил результаты своих альпийских исследований.

"Давайте рассмотрим, - говорит он, - те более значительные изменения, которым подвержены ледники, или, скорее, те огромные масштабы, которые они имели в доисторический период. Это прежнее огромное расширение, большее, чем любое из сохранившихся в традиции, подтверждается почти в каждой долине Альп многочисленными и хорошо установленными фактами. Изучение этих фактов даже несложно, если изучающий внимательно следит за ними и улавливает малейшие признаки их присутствия; и если прошло много времени, прежде чем они были замечены и связаны с ледниковой деятельностью, то это потому, что свидетельства часто изолированы и встречаются в местах, более или менее удаленных от ледника, который их породил. Если верно, что прерогативой научного наблюдателя является группировать в поле своего ментального зрения те факты, которые кажутся не имеющими отношения к вульгарному стаду, то, прежде всего, в таком случае, как этот, он призван сделать это. Я часто сравнивал эти слабые эффекты, вызванные действием ледников прошлых эпох, с появлением знаков на литографском камне, подготовленном с целью сохранения, на котором нельзя увидеть линии работы рисовальщика, если заранее не известно, где и как их искать.

"Факт прежнего существования ледников, которые теперь исчезли, подтверждается сохранением различных явлений, которые всегда сопровождают их и которые продолжают существовать даже после таяния льда. Эти явления заключаются в следующем:

"1. Морены.—Расположение и состав морен позволяют всегда распознавать их, даже когда они больше не примыкают к леднику и непосредственно не окружают его нижние оконечности. Я могу заметить, что только боковые и концевые морены позволяют нам с уверенностью определить границы распространения ледника, потому что их легко отличить от дамб и неравномерно распределенных камней, уносимых вниз альпийскими потоками. Боковые морены, отложившиеся на склонах долин, редко подвергаются воздействию более крупных потоков, но они, однако, часто изрезаны небольшими ручьями, которые стекают со склона горы и которые, нарушая их непрерывность, значительно затрудняют их распознавание.

"2. Сидящие на корточках Боулдеры.—Часто бывает, что ледники натываются на выступающие точки скал, грани которых становятся округлыми и вокруг которых образуются воронкообразные полости большей или меньшей глубины. Когда ледники уменьшаются и отступают, глыбы, упавшие в эти воронки, часто остаются на вершине выступающего скалистого выступа внутри него в таком состоянии равновесия, что любая идея о потоке воды как причине их переноса совершенно неприемлема из-за их положения. Когда такие скальные выступы выступают над поверхностью ледника или кажутся более значительным островком посреди его массы (как, например, в Саду Мер-де-Глас, над Монтавертом), такие выступы со всех сторон окружаются камнями, которые в конечном итоге образуют своего рода корону вокруг вершины всякий раз, когда ледники уменьшаются или уходят полностью. Водные течения никогда не производят ничего подобного; напротив, всякий раз, когда ручей разбивается о выступающую скалу, камни, которые он уносит вниз, отворачиваются в сторону и образуют более или менее правильный след. При таких обстоятельствах камни никогда не могут оставаться ни на вершине, ни по бокам скалы, поскольку, если бы такое было возможно, скорость течения была бы увеличена из-за возросшего сопротивления, и движущиеся валуны были бы вынесены за препятствие до того, как их окончательно занесло.

3. Отполированные и исчерченные скалы, подобные тем, что были описаны в главе XIV, представляют собой еще одно свидетельство присутствия ледника; ибо, как уже было сказано, ни течение, ни воздействие волн на обширный пляж не производят подобных эффектов. Общее направление каналов и борозд указывает направление общего движения ледника, и полосы, которые более или менее отклоняются от этого направления, образуются в результате локальных эффектов колебаний и отступления, как мы сейчас увидим.

"4. Лапiaz, или Лапиз, который жители немецкой Швейцарии называют Karrenfelder, не всегда можно отличить от эрозий, потому что и те, и другие, образованные водой, отличаются не внешними характеристиками, а только своим положением. Эрозии, вызванные проливными потоками, всегда обнаруживаются в местах, более или менее углубленных, и никогда не возникают на больших наклонных поверхностях. Лапиазы, напротив, часто встречаются на выступающих частях склонов долин в местах, где невозможно предположить, что вода когда-либо образовывала течение. Некоторые геологи, затрудняясь объяснить эти явления, предположили, что они были вызваны просачиванием подкисленной воды, но эта гипотеза совершенно необоснованна.

Теперь мы опишем остатки этих различных явлений в том виде, в каком они встречаются в Альпах за пределами фактических ледниковых границ, чтобы доказать, что в определенную эпоху ледники были намного больше, чем сегодня.

"Древние морены, расположенные на большом расстоянии от современных, нигде не встречаются так отчетливо и так часто, как в Вале, где М. Венец и Ж. де Шарпантье заметили их впервые; но поскольку их наблюдения еще не опубликованы, и они сами предоставили мне информацию, было бы присвоением их открытия, если бы я описал их здесь подробно. Я ограничусь тем, что скажу, что у подножия каждого ледника, на расстоянии нескольких минут ходьбы, четверти часа, получаса, часа и даже нескольких лиг от их нынешних оконечностей, можно найти следы, более или менее отчетливые, древних конечных морен в виде сводчатых дамб. Эти следы становятся менее отчетливыми пропорционально их удаленности от ледника, и, поскольку их также часто пересекают потоки, они не такие непрерывные, как морены, расположенные ближе к ледникам. Чем дальше удаляются эти древние морены от конца ледника, тем выше они поднимаются по бокам долины, что доказывает нам, что толщина ледника, должно быть, была больше, когда его размеры были больше. В то же время их количество указывает на множество остановочных пунктов при отступлении ледника или на множество крайних пределов его распространения — пределов, которые больше никогда не были достигнуты после его ухода. Я настаиваю на этом, потому что, если верно, что все эти морены демонстрируют большую протяженность ледника, они также доказывают, что их отступление к своим нынешним границам отнюдь не было катастрофическим, напротив, было отмечено более или менее частыми периодами покоя, что вызвало образование ряда концентрических морен, которые даже сейчас указывают на их регресс.

"Остатки продольных морен встречаются реже, менее отчетливы и их труднее исследовать, потому что, указывая уровни, которых достигали края ледника в разные эпохи, как правило, необходимо искать их выше линии тропинок вдоль откосов долин, и, следовательно, не всегда возможно следовать по ним вдоль долины. Кроме того, часто склоны долины, окружавшей ледник, настолько круты, что только кое-где камни остались на месте. Тем не менее, они очень отчетливы в нижней части долины Роны, между Мартиньи и Женевским озером, где можно наблюдать несколько параллельных хребтов, расположенных один над другим на высоте тысячи, тысячи двухсот и даже тысячи пятисот футов над уровнем Роны. Наиболее доступны они между Сен-Морисом и каскадом Писсешаш, недалеко от деревушки Шо-Флери, поскольку в этом месте склоны долины на разных уровнях поднимаются небольшими террасами, на которых сохранились морены. Они также очень отчетливы над Бен-де-Лавей и над деревней Монти у входа в Валь-д'Илье, где склоны долины менее наклонные, чем во многих других местах.

"Насестные боулдеры, которые встречаются в альпийских долинах, на значительном расстоянии от ледников, занимают порой положения настолько необычные, что возбуждают в высшей степени любопытство тех, кто их видит. Например, когда кто-то видит угловатый камень, установленный на вершине изолированной пирамиды или каким-либо образом покоящийся на очень крутом склоне, первый вопрос заключается в том, когда и как эти камни были размещены в таких положениях, при которых казалось бы, что малейший толчок перевернет их? Но это явление несколько не удивительно, если учесть, что оно встречается и в пределах настоящих ледников, и вспомнить, какими обстоятельствами оно вызвано.

"Самые любопытные примеры выступающих камней, которые можно привести, - это те, что возвышаются над северной частью каскада Писсешаш, недалеко от Шо-Флери, и те, что выше Бен-де-Лави, недалеко от деревни Морклес; и те, что еще более любопытны, которые я видел в долине Сен-Николя и Оберхасли. В Кирхе, недалеко от Майрингена, можно увидеть несколько очень примечательных корон из валунов вокруг нескольких скальных куполов, которые, по-

видимому, выступали над поверхностью окружавшего их ледника. Нечто очень похожее можно увидеть на вершине скалы Святого Трифона.

"Необычайное явление насаженных камней не могло ускользнуть от наблюдательного ока Де Соссюра, который заметил несколько камней в Салеве, расположение которых он описал следующим образом: "Можно видеть, - сказал он, - на склоне наклонного луга две из этих огромных гранитных глыб, поднятых одна на другую над травой на высоте двух или трех футов, на основании известняковой скалы, на которой покоятся обе. Это основание является продолжением горизонтальных пластов горы и даже заметно соединяется с ней на ее нижней поверхности, будучи срезано перпендикулярно с других сторон и не больше камня, который оно поддерживает." Но, увидев, что вся гора состоит из одного и того же известняка, Де Соссюр, естественно, пришел к выводу, что было бы абсурдно думать, что она была возвышена именно и только под гранитными блоками. Но, с другой стороны, поскольку он не знал, каким образом эти выступающие камни откладываются в наши дни под действием ледников, он прибегнул к другому объяснению: он предполагает, что скала была стерта у своего основания в результате постоянной водной и воздушной эрозии, в то время как часть скалы, которая служила основанием для гранита, была защищена им. Это объяснение, хотя и очень остроумное, больше не могло приниматься на веру после того, как исследования г-на Эли де Бомона доказали, что действие атмосферных факторов было далеко не таким разрушительным, как предполагалось ранее. Де Соссюр говорит также об отдельно стоящем котловане, расположенном на противоположной стороне Тет-Нуар, "который, - говорит он, - настолько велик, что возникает соблазн поверить, что он образовался на том месте, которое он занимает; и называется он *Barne russe*, потому что он разрушен внизу в виде пещеры, в которой могут разместиться более тридцати человек одновременно".(4)

Но последствия теории о ледниках простираются, как пришел к убеждению Агассис, далеко за пределы Альп. Если Альпы были покрыты ледяным покровом, то же самое произошло и со многими другими регионами северного полушария. Выискивая свидетельства ледникового периода, Агассис находил их повсюду в виде перенесенных беспорядочных образований, поцарапанных и отполированных обнажающихся пород и мореноподобных отложений. Наконец, он убедился, что ледяной покров, покрывавший Альпы, распространился на все более высокие широты северного полушария, образовав ледяную шапку по всему земному шару. Таким образом, здравый смысл охотника на серн расцвел в сознании Агассиса в концепцию вселенского ледникового периода.

В 1837 году Агассис представил свою теорию миру в статье, прочитанной в Невшателе, а три года спустя он опубликовал свои знаменитые Этюды о ледниках, отрывок из которых мы только что процитировали. Никогда еще идея не вызывала более глубокого возмущения в научном мире. Фон Бух отнесся к этому с чередованием насмешек, презрения и ярости; Мерчисон выступал против этого с обычной энергией; даже Лайель, чьим самым замечательным умственным даром была неизменная восприимчивость к новым истинам, не смог сразу отказаться от своей теории айсберга в пользу нового претендента. Доктор Бакленд, однако, после того, как Агассис показал ему свидетельства прежнего действия ледников в его родной Шотландии, стал новообращенным — возможно, тем охотнее, что, как ему казалось, выступал против идеи униформизма. Постепенно к ним присоединились и другие, и после обычных ожесточенных споров и неизбежного полного испытательного срока идея ледникового периода заняла свое место среди общепринятых догматов геологии. Всевозможные спорные моменты

все еще требовали внимания — причина ледникового периода, точная протяженность ледяного покрова, точный способ, которым он оказал свое воздействие, и точная природа этих последствий; и даже не все из них еще были определены. Но, если оставить в стороне детали, ледниковый период сейчас полностью признан геологами как исторический период. Возможно, было много ледниковых периодов, как утверждает доктор Кролл; несомненно, был один; и концепция такого периода - одна из очень немногих идей нашего столетия, о которых ни одно предыдущее столетие не имело даже малейшего представления.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЭПОХИ

Но, если уж на то пошло, весь предмет исторической геологии - это тот, который имел лишь самое незначительное начало до нашего столетия. Пока палеонтолог не нашел ключ к земной хронологии, никто — даже Хаттон — не мог иметь никакого определенного представления об истинной истории прошлого земли. Единственная заметная попытка классифицировать слои была предпринята Вернером, который разделил породы на три системы, основанные на предполагаемом порядке их отложения, и назвал их первичными, переходными и вторичными.

Хотя наблюдения Вернера ограничивались небольшой провинцией Саксония, он без колебаний утверждал, что во всем мире последовательность слоев будет такой же, как и там, причем концентрические слои, согласно этой концепции, расположены на земле с регулярностью слоев на луковице. Но в этом Вернер ошибся так же, как и в своем теоретическом объяснении происхождения "первичных" горных пород. Потребовалось совсем немного наблюдений, чтобы показать, что точная последовательность слоев никогда не бывает абсолютно одинаковой в любых широко разделенных регионах. Тем не менее, в системе Вернера был зародыш истины. В нем содержалась идея, пусть и неверно истолкованная, хронологической последовательности слоев; и это давало рабочий план для наблюдателей, которым предстояло разобраться в истинной истории геологического развития. Но правильная интерпретация наблюдаемых фактов могла быть сделана только после того, как взгляд Хаттона на происхождение пластов получил полное признание.

Когда Уильям Смит, найдя истинный ключ к этой истории, попытался применить его, территория, с которой ему пришлось иметь дело, оказалась территорией, где поверхностные породы относятся к той более поздней серии, которую Вернер назвал вторичной. Он сделал многочисленные подразделения в рамках этой системы, основанные главным образом на окаменелостях. Тем временем было обнаружено, что, судя по окаменелостям, слои, которые Броньяр и Кювье изучали близ Парижа, относятся к еще более позднему периоду (поначалу предполагалось, что это связано с последним потопом), о котором стали говорить как о третичном. Именно в этих слоях, некоторые из которых, по-видимому, образовались в пресноводных озерах, были обнаружены многие из странных млекопитающих, впервые описанных Кювье.

Но "переходные" породы, лежащие в основе "вторичной" системы, которую изучал Смит, были все еще практически не исследованы, когда в тридцатых годах за них взялись Родерик Импи Мерчисон, исправившийся охотник на лис и бывший капитан, ставший геологом с такими заметными преимуществами, и Адам Седжвик, блестящий профессор вудвардианского направления в Кембридже.

Работая вместе, эти два друга классифицировали

переходные породы подразделяются на хронологические группы, поскольку они знакомы каждому по более крупным схемам как силурийская система (эра беспозвоночных) и девонская система (эра рыб) — названия, происходящие соответственно от страны древних силуров, в Уэльсе и Девоншире, Англия. Впоследствии было обнаружено, что эти системы слоев, которые выходят из-под более новых пород в ограниченных районах Британии, простираются широкими, нетронутыми пластами на тысячи миль в континентальной Европе и Америке. Позже Мерчисон изучал их в России и описал совместно с Вернеем и фон Керзерлингом в тяжеловесной классической работе. В Америке их изучали Холл, Ньюберри, Уитни, Дана, Уитфилд и другие геологи-первопроходцы, которые практически предвосхищали своих английских современников.

Породы, которые имеют еще более древнюю формацию, чем те, которые изучали Мерчисон и Седжвик (соответствующие по местоположению "первичным" породам концепции Вернера), являются особенностью поверхности обширных территорий Канады, и впервые были тщательно изучены там Уильямом И. Логаном из Канадской государственной службы еще в 1846 году, а позже сэром Уильямом Доусоном. Ранее предполагалось, что эти породы, составляющие Лаврентийскую систему, представляют собой части первоначальной земной коры, образовавшиеся при первом охлаждении из расплавленного состояния; но теперь их чаще рассматривают как некогда слоистые отложения, претерпевшие метаморфозы под действием тепла.

Однако, независимо от того, являются ли "примитивными" или метаморфическими, эти канадские породы и аналогичные породы под содержащими окаменелости слоями других стран, являются древнейшими участками земной коры, о которых геология располагает какими-либо современными знаниями. Горы такой формации, как Адирондаки и хребет Сторм Кинг, возвышающиеся над Гудзоном недалеко от Вест-Пойнта, являются патриархами своего рода, по сравнению с которыми Аллегани и Сьерра-Невада - недавние выскочки, а Скалистые горы, Альпы и Анды - всего лишь вчерашние приметы.

О лаврентийских породах сначала говорили как о представителях "азойского" времени; но в 1846 году Доусон обнаружил глубоко среди них образование, которое, как считалось, было ископаемым остатком очень низшей формы жизни, и после этого об этой системе стало принято говорить как об "эозойской". Еще совсем недавно название предполагаемого ископаемого Доусона было подвергнуто сомнению, и предложение Даны о том, что ранние породы следует называть просто Архман, встретило всеобщую поддержку. О силурийской, девонской и каменноугольной группах Мерчисона и Седжвика (возраст беспозвоночных, рыб и каменноугольных растений соответственно) говорится, что они представляют палеозойское время. Следующая над ними система слоев Уильяма Смита, когда-то называвшаяся "вторичной", представляет мезозойское время, или эпоху рептилий. Еще выше или более поздние третичные породы Кювье и Броньяра, представляющие эпоху млекопитающих. Наконец, самые поздние образования, относящиеся, однако, к периоду, достаточно далекому от недавнего во всех отношениях, кроме геологического, классифицируются как четвертичные, представляющие эпоху человека.

Однако не следует предполагать, что последовательные "эпохи" геолога отделены друг от друга каким-либо произвольным образом, как может показаться, предполагает эта словесная классификация. На самом деле, у этих "эпох" нет лучшего основания для существования, чем у

"столетий" и "недель" повседневных вычислений. Они удобны и могут даже обозначать локальные разделения в слоях, но они не ограничены фактическими промежутками в развертке земных событий.

Более того, следует понимать, что "эпохи" разных континентов, хотя и описываются под одним и тем же названием, не обязательно относятся к точной современности. Не существует надежного критерия, с помощью которого можно было бы показать, что девонский возраст, например, как он обозначен в слоях Европы, не начался на миллионы лет раньше или позже периода, записи о котором, как говорят, отражают девонский возраст в Америке. При попытке разобраться в таких деталях, как эта, минералогические данные совершенно подводят нас. Даже в породах соседних регионов идентичность структуры не является доказательством одновременного происхождения, поскольку истинное вещество породы одной эпохи измельчается для создания пород последующих эпох. Более того, в морях, где условия меняются незначительно, из века в век могут образовываться породы одной и той же формы. Считается, что меловые пласты, все еще формирующиеся в некоторых из наших нынешних морей, могут образовывать одну непрерывную массу, относящуюся к самым ранним геологическим эпохам. С другой стороны, разные по характеру породы, возможно, образовались в одно и то же время в регионах, расположенных недалеко друг от друга — скажем, песчаник вдоль берега, коралловый известняк дальше к морю и меловое ложе за ним. Этот непрерывный слой, разорванный в процессе переворотов, может показаться летописью трех разных эпох.

Палеонтология, конечно, предоставляет гораздо лучшие хронологические тесты, но даже у них есть свои ограничения. С тех пор как образовались существующие ныне горные породы, не было времени, если вообще когда-либо было, когда на земле был единый климат и единая недиверсифицированная фауна по всей поверхности суши, как предполагали ранние палеонтологи. Говоря в широком смысле, эволюция органических форм повсеместно проходила одни и те же общие стадии, но ничто не указывает на то, что за равные периоды времени в различных регионах происходили соответствующие изменения, скорее наоборот. Приведу лишь один пример: отряд сумчатых, который является доминирующим типом млекопитающих в современной фауне Австралии, существовал в Европе и вымер там в третичную эпоху. Следовательно, будущий геолог может подумать, что современная Австралия современна периоду в Европе, который на самом деле предшествовал ей, возможно, на миллионы лет.

Все эти загадочные особенности в совокупности делают предмет исторической геологии чем угодно, только не тем простым делом, каким его считали отцы науки. Сейчас никто не стал бы пытаться проследить точную последовательность образования всех гор земного шара, как это сделал Эли де Бомон полвека назад. Даже в пределах одного континента геолог должен действовать с большой осторожностью, пытаясь проследить порядок, в котором различные его части возникли из морской толщи. Ключ к этой истории находится в определении слоев, которые являются характерными чертами поверхности на каждой территории. Например, если девонские породы находятся на поверхности в каком-либо данном регионе, то может показаться, что этот регион стал поверхностью суши в девонскую эпоху или сразу после этого. Но небольшое рассмотрение показывает, что в этом есть элемент неопределенности из-за

постоянной денудации, которой подвергаются все поверхности суши. Девонские породы могут лежать на поверхности просто потому, что тысячи футов каменноугольных пластов, которые когда-то лежали над ними, были стерты. Таким образом, все, что осмеливается утверждать осторожный геолог, — это то, что рассматриваемый регион не стал постоянной поверхностью суши ранее девонского периода.

Но знать даже это гораздо важнее — действительно, достаточно, чтобы установить хронологический порядок поднятия, если не его точный период, для всех частей любого континента, которые были исследованы геологически, — всегда понимая, что не должно быть никаких сомнений относительно широты в несколько миллионов или, возможно, десятков миллионов лет здесь и там.

Что касается, например, нашего собственного континента, то благодаря исследованиям множества исследователей мы узнаем, что в прежние времена это был всего лишь архипелаг. Его главный остров — хребет будущего континента — представлял собой огромную V-образную область, окружающую то, что сейчас является Гудзоновым заливом, область, образовавшуюся, возможно, в результате обнажения еще более древнего полярного континента, о существовании которого можно только догадываться. На юго-востоке остров, который сейчас является горами Адирондак, и другой, который сейчас является нагорьем Джерси, возвышались над водной пустошью, а далеко на юг тянулась, вероятно, линия островов, которые сейчас представлены горами Блу-Ридж. Далеко на западе другая линия островов обозначала нашу нынешнюю границу с Тихим океаном. Несколько небольших островов в глубине архипелага завершали его.

Из этого голого скелета вырос континент, частично за счет отложений, образовавшихся в результате обнажения первоначальных островов (которые когда-то, возможно, возвышались на милях, а теперь возвышаются на тысячи футов), но в значительной степени также за счет отложений органических остатков, особенно во внутреннем море, которое изобиловало жизнью. В силурийскую эпоху доминирующими типами были беспозвоночные — брахиоподы, криноиды и головоногие моллюски. Но очень рано — никто точно не знает, когда — появились рыбы многих странных форм, некоторые из первых были заключены в панцири, похожие на черепахи. Еще позже, когда обширные пространства во внутреннем море поднялись на поверхность, выросли огромные болота или леса со странными видами растительности, которые отложили свои остатки, образовав пласты угля. Много раз на протяжении веков такие леса формировались только для того, чтобы быть уничтоженными колебаниями земной поверхности. В целом, толщи этого палеозойского периода составляют несколько миль в толщину, и время, затраченное на их формирование, соответствует всем более поздним временам вплоть до настоящего времени, по оценке профессора Даны, как три к одному.

К концу этой палеозойской эры Аппалачи медленно поднимались в виде огромных извилистых складок, некоторые из них, вероятно, достигали трех-четырех миль над уровнем моря, хотя зубы времени с тех пор обглодали их до сравнительно небольших размеров. Увеличенные таким образом континентальные территории в последующее мезозойское время были заселены множеством странных рептилий, многие из которых были гигантских размеров. В водах, все еще изобиловавших беспозвоночными и рыбами, тоже была своя доля чудовищ-рептилий; а в воздухе летали рептилии, некоторые из которых достигали двадцати пяти футов от кончика до кончика своих крыльев, похожих на крылья летучей мыши. В эту эпоху выросли горы Сьерра-

Невада. Вблизи восточной границы формирующегося континента слои, возможно, были теперь слишком толстыми и жесткими, чтобы образовать горные складки, поскольку они были разорваны на огромные трещины, извергающие потоки расплавленной лавы, остатки которой все еще видны после веков денудации, например, частоколы вдоль Гудзона и такие возвышенности, как гора Холиок в западном Массачусетсе.

Все еще оставалось обширное внутреннее море, которому позже, в третичную эпоху, предстояло разделиться в результате медленного подъема суши, которая только вчера — то есть миллион, или три, или пять, или десять миллионов лет назад — стала Скалистыми горами. Высокие и отвесные эти молодые горы стоят и по сей день, их острые углы и скалистые очертания свидетельствуют об их молодости, что странно контрастирует с усохшими формами старых Адирондаков, Зеленых гор и Аппалачей, чьи опущенные головы и округлые плечи свидетельствуют о грузе веков. В обширных озерах, которые все еще оставались по обе стороны Скалистого хребта, медленно формировались третичные пласты на предельную глубину в две-три мили, заключая в себе то тут, то там остатки позвоночных, которым предстояло снова открыться для обозрения в результате денудации, когда суша поднимется еще выше, а затем, в наше время, поведать палеонтологам столь удивительную историю.

Наконец внутренние моря были заполнены, и береговые линии континента приняли почти свои нынешние очертания.

Затем наступила долгая зима ледниковой эпохи — возможно, череды ледниковых эпох. Ледяной покров простирался на юг примерно до сороковой параллели, загоняя перед собой некоторых животных и уничтожая тех, кто не смог мигрировать. В полном объеме огромная ледяная масса залегала над Новой Англией почти на милю в глубину, о чем свидетельствуют поцарапанные и отполированные поверхности скал и отложения неровностей в Белых горах. По оценке доктора Кролла, такая масса давит на квадратный фут весом около ста двадцати пяти тонн. Он более или менее крушил и перемалывал все под собой, а в некоторых регионах превратил холмистые поверхности в прерии. Медленно продвигаясь вперед, он уносил с собой всевозможный мусор. Когда он растаял, его конечная морена образовала ядро массивов суши, ныне известных как Лонг-Айленд и Стейтен-Айленд; другие его отложения образовали "драмлины" около Бостона, известные как Банкер и Брид-хиллс; и он оставил длинную неправильную линию хребтов "тиллской" или боулдерской глины и беспорядочно разбросал их по всей стране примерно на широте Нью-Йорка.

По мере того как ледяной покров медленно отступал, он оставлял незначительные морены на всем своем протяжении. Иногда его отложения запрудили русла рек или неровности поверхности, образуя озера, которыми изобилуют северные территории повсюду. Некоторые гляциологи даже придерживаются точки зрения, впервые предложенной Рэмси из Британской геологической службы, о том, что огромные ледниковые щиты зачерпнули бассейны многих озер, включая систему, питающую реку Святого Лаврентия. Во всяком случае, он оставил следы своего присутствия по всей линии своего отступления, и его остатки существуют по сей день в виде горных ледников и полярной ледяной шапки. Действительно, мы живем на границе последней ледниковой эпохи, поскольку с завершением этого периода долгое геологическое прошлое переходит в настоящее.

ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

И настоящее, в не меньшей степени, чем прошлое, - это время перемен. Это мысль, которая пришла Джеймсу Хаттону в голову более века назад, но которую его современники и преемники очень медленно оценили. Теперь, однако, это стало аксиомой — вряд ли можно осознать, что в этом когда-либо сомневались. Каждая новая научная истина, говорит Агассис, должна пройти три стадии— сначала люди говорят, что это неправда; затем они объявляют это враждебным религии; наконец, они утверждают, что каждый знал это всегда. Истина Хаттона о том, что естественный закон неизменен и вечен, достигла этой заключительной стадии. Нигде сейчас вы не сможете найти ученого, который оспаривал бы истинность того текста, который Лайелл, цитируя Иллюстрации Плейфера к теории Хаттона, напечатал на титульном листе своих "Принципов": "Среди всех революций земного шара природное хозяйство было единообразным, и ее законы - единственное, что сопротивлялось общему движению. Реки и скалы, моря и континенты изменились во всех своих частях; но законы, управляющие этими изменениями, и правила, которым они подчиняются, неизменно оставались теми же".

Но, с другой стороны, Хаттон и Плейфер, и в особенности Лайель, сделали выводы из этого принципа, которые современный физик ни в коем случае не может признать. Для них это означало, что изменения на поверхности земли всегда были одинаковыми как по степени, так и по характеру и должны продолжаться, пока нынешние силы удерживают свое господство. Другими словами, они думали о мире как о великом вечном двигателе. Но современный физик, получивший более истинное механическое понимание благодаря доктринам сохранения и рассеяния энергии, не будет иметь ничего изэтого. Лорд Кельвин, в частности, настаивал на том, что в периоды расцвета фантазии и юности нашей земли изменения в ее развитии должны были быть, как и у любого другого новорожденного организма, значительно более быстрыми и выраженными, чем в более поздние времена; и каждому здравомыслящему человеку эта истина также должна казаться аксиомой.

Тот, кто думает о земле как о остывающем шаре, вряд ли может сомневаться в том, что ее кора, когда она была тоньше, могла вздыматься под действием приливного притяжения Луны — независимо от того, находилось ли это тело ближе — в огромные валы, ежедневно поднимающиеся и опадающие, подобно сильно увеличенным волнам нынешних морей.

Под воздействием того же бокового давления, вызванного сжатием, которое сейчас вызывает медленное понижение побережья Джерси, медленный подъем Швеции, случайное извержение незначительного вулкана, извержение гейзера или дрожание землетрясения, некогда обширные территории были расколоты надвое, и огромные потоки лавы хлынули на тысячи квадратных миль земной поверхности, возможно, одной струей; и, насколько нам известно, гигантские горы, возможно, нагромодили свои искривленные вершины в катаклизмах, столь же спазматических, как даже самые крупные вулканы. ярый катастрофист древнейших времен геологии мог бы себе это представить.

Атмосфера того раннего времени, наполненная огромными объемами углерода, кислорода и других химических веществ, которые с тех пор хранились в пластах угля, известняка и гранитов, возможно, разрушила породы, с одной стороны, и образовала органические формы - с другой, со скоростью, которая сейчас кажется маловероятной.

И все же, пока происходили все эти аномальные явления, действовали те же законы, что и сейчас; и истинная доктрина униформизма не пошла бы на необычную уступку, признав их все

— хотя большинство ожесточенных геологических споров середины девятнадцатого века были вызваны неспособностью обеих сторон осознать этот простой факт.

И как о прошлом и настоящем, так и о будущем. Те же силы будут продолжать действовать; и под действием этих неизменных сил каждый день будет отличаться от всех предыдущих. Если верно, как считает каждый физик, что земля представляет собой остывающий шар, то, на какой бы стадии охлаждения она ни находилась в настоящее время, должно наступить время, когда контур ее поверхности приобретет жесткость, которая еще не достигнута. Затем, столь же верно, медленное действие стихий будет продолжать стирать поверхность суши, частица за частицей, и переносить их в океан, как это происходит сегодня, до тех пор, пока смещение континентов не перестанет компенсировать это, последний фут суши в последний раз уйдет под воду, последняя горная вершина растает, и наш земной шар, впадающий, как и любой другой организм, во второе детство, окажется на поверхности — как, предположительно, это было до того, как поднялся первый континент, — одной огромной "водной пустошью". По мере того, как ничтожный человек постигает время и вещи, ужасный цикл завершится; в размахе космической жизни будет биться пульс.

V. НОВАЯ НАУКА МЕТЕОРОЛОГИЯ

МЕТЕОРИТЫ

"В нашем районе только что произошло поразительное чудо", - написал месье Марэ, достойный, хотя и ничем не примечательный гражданин Франции, из своего дома в Л'Эгле под датой "13 Флореаля 11 года" — датой, которая за пределами Франции была бы истолкована как означающая 3 мая 1803 года. Этим "чудом" было появление "огненного шара" среди бела дня — "возможно, это был лесной пожар", — говорится в "наивной хронике", - который "повис над лугом", будучи замеченным многими людьми, а затем с громким звуком взорвался, разбросав тысячи каменных осколков по поверхности территории протяженностью в несколько миль.

О таком "чуде" нельзя было объявить в более подходящее время. В течение нескольких лет научный мир был озабочен вопросом, существует ли на самом деле такая форма молнии, о которой сообщалось, — появляющаяся в ясном небе и буквально выбрасывающая молнии. О таких случаях сообщалось достаточно часто, это правда. Сами "молнии" выставались как священные реликвии перед многими алтарями, и тех, кто сомневался в их подлинности, упрекали в том, что у них "злое сердце неверия". Но научный скептицизм поставил под сомнение доказательства, и в конце восемнадцатого века Французская академия единодушно отказалась признать, что такие камни были "перенесены на землю молнией", не говоря уже о каком-либо более чудесном воздействии.

Однако в 1802 году Эдвард Говард прочитал доклад в Королевском обществе, в котором, проанализировав недавно представленные доказательства, он пришел к выводу, что падение

камней с неба, иногда или всегда сопровождающееся молнией, должно быть признано реальным явлением, каким бы необъяснимым оно ни было. Итак, теперь, когда было объявлено о великом камнепаде в Эгле, Французская академия поспешила направить блестящего молодого физика Жана Батиста Био для его расследования, чтобы, по возможности, окончательно покончить с этим делом. Расследование было во всех отношениях успешным, и отчет Био перевел каменную или металлическую молнию - аэролит или метеорит — из области традиций и предположений в область общепринятой науки.

Но как объяснить это странное явление? Сразу же возникло множество предположений. Одна теория утверждала, что каменные массы на самом деле не падали, а образовались из земли под действием молнии; но от этого утверждения вскоре отказались. Химики были склонны полагать, что аэролиты образовались в результате сочетания элементов, плавающих в верхних слоях атмосферы. Геологи, с другой стороны, считали их земного происхождения, настаивая на том, что они могли быть выброшены вулканами. Астрономы, представленные Ольберсом и Лапласом, модифицировали эту теорию, предположив, что камни действительно могли быть выброшены вулканами, но вулканами, расположенными не на земле, а на Луне.

А один мыслитель того времени сделал шаг еще более смелый, настаивая на том, что аэролиты не были ни теллурического, ни селенитового происхождения, ни даже детьми солнца, как утверждали древние греки, многие из них, но что они являются посетителями из глубин космического пространства. Этим смелым спекулянтом был выдающийся немецкий физик Эрнст Ф. Ф. Хладни, человек с немалой репутацией в свое время. Еще в 1794 году он настаивал на своей космической теории метеоритов, когда само существование метеоритов отрицалось большинством ученых. И он сделал больше: он заявил о своей вере в то, что эти падающие камни действительно были одного происхождения и вида с теми сверкающими метеорами в верхних слоях атмосферы, которые повсюду известны как "падающие звезды".

Каждый из этих сверкающих метеоров, по его утверждению, должен свидетельствовать о воспламенении небольшого количества космической материи, попавшей в атмосферу Земли. Такие блуждающие частицы материи могли быть фрагментами разрушенных миров или, что Хладни считал более вероятным, просто скоплениями "мирового вещества", никогда ранее не связанного с какой-либо крупной планетной массой.

Вполне естественно, что столь уникальный вид был встречен весьма скудно. Астрономы в то время не видели особых оснований для этого; и ненаучный мир с жаром отверг его как "атеистический и еретический", потому что его принятие, по-видимому, подразумевало бы, что вселенная не является совершенным механизмом.

Некоторый свет на этот спорный вопрос в настоящее время пролили наблюдения Брандеса и Бензенберга, которые показали, что падающие звезды движутся с реальной скоростью от пятнадцати до девяноста миль в секунду. Это наблюдение имело тенденцию дискредитировать селенитовую теорию, поскольку объект, чтобы приобрести такую скорость при падении просто с Луны, должен был быть сброшен с начальной скоростью, которую, по-видимому, не мог придать никакой лунный вулканический импульс. Более того, росло убеждение, что на Луне нет действующих вулканов, и другие соображения того же толка привели к полному отказу от селенитовой теории.

Но от теории теллурического происхождения аэролитов было отнюдь не так легко избавиться. Это была эпоха, когда электрические явления возбуждали безграничный и всеобщий интерес, и существовала вполне естественная тенденция обращаться к электричеству при объяснении каждого непонятого явления; и в данном случае кажущееся сходство между вспышкой молнии и вспышкой аэролита придавало объяснению колорит. Итак, мы находим Томаса Форстера, известного метеоролога, все еще придерживающегося атмосферной теории образования аэролитов в своей книге, опубликованной в 1823 году; и, действительно, преобладающее мнение того времени, казалось, разделилось между различными теллурическими теориями, пренебрегая какой бы то ни было космической теорией.

Но в 1833 году произошло явление, которое окончательно поставило точку в этом вопросе. В ноябре того же года произошел мощный метеоритный дождь, и, наблюдая его, профессор Денисон Олмстед из Йельского университета отметил, что все звезды в этом ливне, казалось, исходили из одного центра или точки схода в небесах, и что этот центр изменил свое положение вместе со звездами и, следовательно, не был земным. Астрономы сразу же осознали всю важность этого наблюдения; оно без всяких придирок продемонстрировало космическое происхождение падающих звезд. Некоторые консервативные метеорологи продолжали настаивать на земном происхождении в течение нескольких десятилетий, как на чем—то само собой разумеющемся - такая полоса всегда отстает от прогресса. Но даже эти сомневающиеся замолчали, когда в 1866 году, как и предсказывали Олберс и Ньютон, снова появился мощный поток падающих звезд, исходящий из той же точки небес, что и раньше.

С тех пор спектроскоп добавил свои подтверждающие данные относительно идентичности метеорита и падающей звезды и, более того, связал эти атмосферные метеоры с такими далекими обитателями космоса, как кометы и туманности. Таким образом, кажется, что смелая гипотеза Хладни 1794 года была более чем подтверждена, и что фрагменты материи, отделенные от планетарной связи, — которые постулировались и были объявлены атеистическими за постулирование — были показаны в миллиарды раз более многочисленными, чем любые более крупные космические тела, которые нам известны — настолько сильно существующая вселенная отличается от предвзятых представлений человека о том, какой она должна быть.

Таким образом, и "чудо" падающего камня, по сравнению с которым вчерашний научный скептицизм представлялся "злым сердцем неверия", оказывается самым естественным явлением, поскольку оно повторяется в нашей атмосфере несколько миллионов раз в день.

СЕВЕРНОЕ СИЯНИЕ

Если в былые времена огненные шары считались чудесными и зловещими, то какое толкование должно было быть дано этому гораздо более живописному явлению - полярному сиянию? "По всему городу, - говорится в Книге Маккавеев, - в течение почти сорока дней были замечены бегущие по воздуху всадники в золотых одеждах, вооруженные копьями, похожие на отряд воинов; и отряды всадников в боевом порядке сталкивались и наезжали друг на друга, потрясая щитами и множеством копий, обнажая мечи и метая дротики, сверкая золотыми украшениями и доспехами". Это зловещие предзнаменования; и едва ли менее зловещим северное сияние казалось всем последующим поколениям, наблюдавшим его вплоть до восемнадцатого века, — свидетельством чему стало народное волнение в Англии в 1716 году по поводу яркого северного сияния того года, которое стало известным благодаря описанию Галлея.

Но после 1752 года, когда Франклин сверг молнию с престола, все впечатляющие метеориты стали рассматриваться как природные явления, в том числе и полярное сияние. Франклин объяснил полярное сияние— которое наблюдалось достаточно часто в восемнадцатом веке, хотя было зарегистрировано только один раз в семнадцатом, как результат накопления электричества на поверхности полярных снегов и его выброса к экватору через верхние слои атмосферы. Эразм Дарвин предположил, что светимость может быть вызвана воспламенением водорода, который, как предполагали многие философы, образует верхние слои атмосферы. Далтон, который первым измерил высоту полярного сияния, оценив его примерно в сто миль, считал, что это явление связано с магнетизмом, действующим на железистые частицы в воздухе, и его объяснение было, пожалуй, самым популярным в начале прошлого века.

С тех пор множество наблюдателей изучали полярное сияние, но научное понимание показало, что на самом деле оно столь же неуловимо, каким кажется случайному наблюдению, и его точная природа сегодня так же неопределенна, как и сто лет назад. Однако недостатка в теориях, касающихся этого, не было. Блот, изучавший его на Шетландских островах в 1817 году, считал, что это связано с наэлектризованной железистой пылью, происхождение которой он приписывал исландским вулканам. Гораздо позже идея о железистых частицах была возрождена, причем их присутствие приписывается не вулканам, а метеоритам, постоянно рассеивающимся в верхних слоях атмосферы. Железистая пыль, предположительно такого происхождения, была обнаружена в полярных снегах, а также на снегах горных вершин, но могла ли она вызывать явления полярных сияний, по крайней мере, вопрос открытый.

Другие теоретики объясняли полярное сияние накоплением электричества в облаках или на ледяных спикулах в верхних слоях воздуха. Однако другие думают, что это связано просто с прохождением электричества через сам разреженный воздух. Гумбольдт счел вопрос решенным еще одним способом, когда Фарадей показал в 1831 году, что магнетизм может вызывать световые эффекты. Но, возможно, преобладающая сегодня теория предполагает, что полярное сияние возникает из-за электрического тока, генерируемого на экваторе и проходящего через верхние области космоса, чтобы войти в землю у магнитных полюсов — просто меняя курс, который предполагал Франклин.

Сходство полярного сияния с тем, которое генерируется в вакуумной лампочке при прохождении электричества, подтверждает давнее предположение о том, что полярное сияние имеет электрическое происхождение, но этот вопрос все еще требует полного разъяснения. На этот раз даже тот специалист по разгадыванию тайн, спектроскоп, был сбит с толку, поскольку линия, которую он отсеивает от полярного сияния, не совпадает с линией какого-либо известного вещества. Подобная линия обнаруживается и в зодиакальном свете, это правда, но это мало помогает, поскольку зодиакальный свет, хотя некоторые астрономы и считают, что он вызван метеоритными роями вокруг солнца, в целом считается таким же загадочным, как и само полярное сияние.

Какой бы ни была точная природа полярного сияния, давно известно, что оно тесно связано с явлениями земного магнетизма. Всякий раз, когда видно яркое полярное сияние, мир обязательно посещает то, что Гумбольдт называл магнитной бурей — "штормом", который никак не проявляется для человеческих чувств, кроме как отклонением магнитной стрелки и колдовством с электрическим проводом. Такие магнитные бури любопытным образом связаны также с пятнами на солнце — каким именно образом, никто не объяснил, хотя сам факт

неоспорим. Солнечные пятна также, по-видимому, напрямую связаны с полярными сияниями, каждое из этих явлений проходит через периоды наибольшей и наименьшей частоты в соответствующих циклах продолжительностью около одиннадцати лет.

Еще сто лет назад Гершель заподозрил, что колебания количества солнечных пятен оказывают прямое влияние на земную погоду, и он попытался продемонстрировать это, используя цену пшеницы в качестве критерия климатических условий, одновременно проводя тщательные наблюдения за солнечными пятнами. Из его усилий в этом направлении ничего определенного не вышло, поскольку предмет был слишком сложен, чтобы его можно было определить без длительных периодов наблюдения. Однако в последнее время метеорологи, особенно в тропиках, склонны думать, что они нашли доказательства какой-то такой связи между солнечными пятнами и погодой, как подозревал Гершель. Действительно, г-н Мелдрам заявляет, что существует положительное совпадение между периодами многочисленных солнечных пятен и сезонами обильных дождей в Индии.

То, что какая-то такая связь действительно существует, кажется вполне вероятным. Но современный метеоролог, изучающий мудрость прошлого, чрезвычайно осторожен в приписывании астрономическим явлениям случайных эффектов. Ему трудно забыть, что до недавнего времени всевозможные климатические условия были связаны с фазами Луны; что не так давно ливни из падающих звезд считались "предсказанием" определенных видов погоды; и что "равноденственная буря" всеми принималась как истина, пока бесчувственная рука статистики не изгнала ее с лица земли.

Однако, с другой стороны, вполне возможно, что наука будущего сможет выявить связи между погодой и солнечными пятнами, полярными сияниями и земным магнетизмом, о которых пока трудно даже мечтать. Однако до тех пор эти явления должны с большой неохотой допускаться во внутренний круг метеорологии. В наш век концентрации и специализации эта наука все больше и больше занимается погодой и климатом. Его приверженцы больше не интересуются звездами, или планетами, или кометами, или падающими звездами, которые когда-то считались самой сутью путеводителей по метеорологической мудрости; и они даже косо смотрят на Луну и просят ее указать причину, по которой она также не должна быть исключена из их владений. Столь же мало они заботятся о недрах земли, поскольку они узнали, что центральные эманации тепла, которые Майран представлял как основной источник воздушного тепла, не могут претендовать на такое различие. Даже такие проблемы, как почему магнитный полюс не совпадает с географическим и почему сила земного магнетизма уменьшается от магнитных полюсов к магнитному экватору, как это впервые обнаружил Гумбольдт, вызывают у них лишь слабый интерес; поскольку, по их словам, известно, что магнетизм не имеет никакой связи с климатом или погодой.

ИСПАРЕНИЕ, ОБРАЗОВАНИЕ ОБЛАКОВ И РОСА

Однако существует по крайней мере одна форма метеора из тех, что интересовали наших предков, метеорологическую важность которых они не переоценивали. Это водяной пар. О том, насколько велик был интерес к этому известному метеориту в начале века, свидетельствует количество существовавших тогда теорий относительно него; и эти противоречивые теории свидетельствуют также о трудности, с которой было объяснено известное явление испарения воды.

Франклин предположил, что воздух растворяет воду так же, как вода растворяет соль, и эта теория все еще была популярна, хотя Делюк опроверг ее, показав, что в вакууме вода испаряется даже быстрее, чем на воздухе. Собственная теория Делюка, заимствованная у более ранних химиков, заключалась в том, что испарение - это химическое соединение частиц воды с частицами предполагаемого элемента тепла. Эразм Дарвин объединил две теории, предположив, что воздух может содержать переменное количество пара в простом растворе и, кроме того, постоянную часть в химическом сочетании с калорийностью.

Ничуть не обеспокоенный этими противоречивыми взглядами, этот удивительно оригинальный гений Джон Дальтон, впоследствии получивший известность, возможно, как величайший из химиков-теоретиков, взял этот вопрос в свои руки и решил его, показав, что вода существует в воздухе как совершенно независимый газ. Он достиг частичного понимания этого вопроса в 1793 году, когда был опубликован его первый том метеорологических очерков; но полное прояснение проблемы пришло к нему в 1801 году. Достоинства его исследований были сразу признаны, но состоятельность его гипотезы долго и горячо оспаривалась.

Хотя природа испарения была предметом споров, само собой разумеется, что вопрос об осадках должен быть столь же неопределенным. Самой известной теорией того периода была теория, сформулированная доктором Хаттоном в докладе, прочитанном в Королевском обществе Эдинбурга и опубликованном в томе "Труды", который содержал также эпохальную статью того же автора по геологии. Эта "теория дождя" объясняла выпадение осадков как результат охлаждения потока насыщенного воздуха при контакте с более холодным потоком, предполагая, что избыток влаги осаждался в химическом смысле, точно так же, как избыток соли, растворенной в горячей воде, осаждается при охлаждении воды. Идея о том, что охлаждение насыщенного воздуха вызывает выпадение в осадок его влаги, является зародышем истины, которая делает эту статью Хаттона важной. Все более поздние правильные теории строятся на этом фундаменте.

"Предположим, что поверхность этой земли полностью покрыта водой, - сказал Хаттон, - и что солнце неподвижно, всегда вертикально на одном месте; тогда, исходя из законов тепла и разрежения, в атмосфере образовалась бы циркуляция, текущая из темного и холодного полушария в нагретое и освещенное место, во всех направлениях, к месту наибольшего похолодания.

"Поскольку для атмосферы этой земли существует причина постоянного охлаждения, это текучее тело могло нагреться только до определенной степени; и это количество регулярно уменьшалось бы от центра освещения к противоположной точке земного шара, наиболее удаленной от света и тепла. Между этими двумя областями экстремальной жары и холода в любом месте можно было бы обнаружить два потока воздуха, следующих в противоположных направлениях. Следовательно, если предположить, что оба этих потока воздуха достаточно насыщены влажностью, то, поскольку они имеют разную температуру, в некоторой средней области атмосферы должна образовываться непрерывная конденсация водяного пара в результате смешения части этих двух противоположных потоков.

Следовательно, есть основания полагать, что в этом предполагаемом случае на поверхности земного шара образовались бы три различных региона — жаркий регион, умеренный и холодный. Эти три области оставались бы неподвижными, и работа каждой из них была бы непрерывной. В жаркой области не происходило бы ничего, кроме испарения и нагрева; облако

не могло бы образоваться, потому что при изменении прозрачности атмосферы на непрозрачность она немедленно нагревалась бы под действием света, и таким образом конденсированная вода снова испарялась бы. Но этой силе солнца пришел бы конец; и именно с них началась бы область умеренной жары и постоянных дождей. Маловероятно, что область умеренности простиралась бы далеко за пределы области света; и в полушарии тьмы была бы обнаружена область крайнего холода и совершенной сухости.

"Давайте теперь предположим, что земля вращается вокруг своей оси в точке равноденствия. Таким образом, жаркий регион превратился бы в зону, в которой были бы ночь и день; следовательно, здесь было бы гораздо умереннее по сравнению с рассматриваемым сейчас жарким регионом; и здесь, возможно, образовывались бы периодические конденсации и испарения влажности, соответствующие сезонам дня и ночи. Поскольку умеренность, таким образом, была бы введена в область жаркой крайности, эффект этой перемены ощущался бы по всему земному шару, каждая часть которого теперь была бы освещена, следовательно, в той или иной степени нагрета. Таким образом, у нас была бы линия сильного нагрева и испарения, переходящая с каждой стороны в точку сильного холода и застывания. Между этими двумя крайностями жары и холода в каждом полушарии была бы обнаружена область с большим умеренным отношением к жаре, но с большой влажностью атмосферы, возможно, с постоянными дождями и конденсацией.

Сформированное предположение должно показаться крайне неподходящим для превращения этого земного шара в обитаемый мир во всех частях; но, таким образом, увидев влияние ночи и дня на смягчение воздействия жары и холода в каждом месте, мы теперь готовы рассмотреть последствия предположения, что этот земной шар вращается вокруг солнца с определенным наклоном своей оси. Благодаря этому прекрасному изобретению этот сравнительно необитаемый земной шар теперь разделен на два полушария, в каждом из которых, таким образом, есть летний и зимний сезоны. Но наш нынешний взгляд ограничен испарением и конденсацией влаги; и при таком чередовании времен года должно появиться достаточное обеспечение для этих попеременных процессов в каждой части; ибо, поскольку положение вертикального солнца попеременно перемещается от одного тропика к другому, тепло и холод, первоначальные причины испарения и конденсации, должны распространяться по всему земному шару, производя либо годовые сезоны дождей, либо суточные сезоны конденсации и испарения, либо оба этих сезона, в большей или меньшей степени, то есть в некоторой степени.

"Первоначальной причиной движения в атмосфере является влияние солнца, нагревающего поверхность земли, находящуюся под воздействием этого светила. Мы не предполагали, что эта поверхность имела одну однородную форму и сходное вещество; отсюда следовало, что годовые свойства солнца, возможно, также и суточные свойства, должны были вызывать регулярную конденсацию дождя в определенных регионах и испарение влаги в других; и это происходило бы регулярно в определенные сезоны и не менялось бы. Но ничто не может быть более далеким от этого предположения, что таково естественное строение земли; ибо земной шар состоит из моря и суши, не имеющих правильной формы или смеси, в то время как поверхность суши также нерегулярна по отношению к своим возвышенностям и впадинам и различна по влажности и сухости той части, которая подвергается воздействию тепла как причины испарения. Отсюда источник наиболее ценных движений в текучей атмосфере с водяным паром, в большей или меньшей степени, насколько позволяют другие естественные

процессы; и отсюда источник наиболее неравномерного смещения нескольких частей этой эластичной жидкости, насыщенной водяным паром или нет.

"Согласно теории, для образования дождя не требуется ничего, кроме смешивания частей атмосферы с влажностью и смешивания частей, находящихся в разной степени нагрева. Но мы видели причины насыщения влажностью каждой части атмосферы и смешивания частей, находящихся в разной степени нагрева. Следовательно, по всей поверхности земного шара должны время от времени выпадать дожди и испаряться, в большей или меньшей степени; а также в каждом месте следует наблюдать, что эти превращения происходят с некоторой тенденцией к регулярности, которая, однако, может быть настолько нарушена, что во многих случаях ее трудно различить. Переменные ветры и переменные дожди должны определяться пропорционально тому, насколько каждое место расположено в неравномерной смеси суши и воды; тогда как регулярные ветры должны определяться пропорционально однородности поверхности; а регулярные дожди пропорционально регулярным изменениям тех ветров, с помощью которых может быть произведено необходимое для дождя смещение атмосферы. Но поскольку будет признано, что это имеет место почти на всей этой земле, где дождь выпадает в соответствии с указанными здесь условиями, теория оказывается, таким образом, соответствующей природе, и естественные явления, таким образом, объясняются теорией".(1)

Следующая амбициозная попытка объяснить феномен водных метеоров была предпринята Люком Говардом в его замечательной статье об облаках, опубликованной в *Philosophical Magazine* в 1803 году — статье, в которой впервые были предложены названия перистый, кучевой, слоистый и т.д., впоследствии получившие столь широкое распространение. В этой статье Говард признает, что он в долгу перед Дальтоном за теорию испарения; однако он по-прежнему цепляется за идею, что пар, хотя и не зависит от воздуха, соединяется с частицами калорийности. Он считает, что облака состоят из пара, который ранее поднялся с земли, опровергая мнения тех, кто считает, что они образовались в результате объединения водорода и кислорода, существующих независимо в воздухе; хотя он согласен с этими теоретиками в том, что электричество в значительной степени повлияло на способ образования облаков. Он выступает против мнения Делюка и Де Соссюра о том, что облака состоят из частиц воды в форме полых пузырьков (короче говоря, миниатюрных воздушных шариков, возможно, наполненных водородом), и это несостоятельное мнение было возрождением теории образования всего пара, которую доктор Галлей отстаивал в начале восемнадцатого века.

Особый интерес представляют взгляды Говарда на образование росы, которое он объясняет тем, что частицы калорий покидают пар и попадают в охлажденное тело, оставляя воду на поверхности. Возможно, это настолько близко к истине, насколько можно было ожидать, пока господствовала старая идея о материальности тепла. Говард, однако, считал, что роса обычно образуется в воздухе на некоторой высоте и что она оседает на поверхность, выступая против мнения, которое вошло в моду во Франции и в Америке (где его активно отстаивал Ноа Вебстер), что роса поднимается с земли.

Полное решение проблемы образования росы — которая на самом деле включала также весь вопрос осаждения водянистых паров в любой форме — было сделано доктором У. К. Уэллсом, человеком американского происхождения, чья жизнь, однако, после отрочества прошла в Шотландии (где в молодости он пользовался дружбой Дэвида Хьюма) и в Лондоне. Вдохновленный, без сомнения, исследованиями Мака, Хаттона и их коллег из эдинбургской

школы, Уэллс сделал наблюдения над испарением и выпадением осадков еще в 1784 году, но его внимания требовали другие вещи; и хотя он утверждает, что эта тема часто занимала его мысли, он не возвращался к ней всерьез примерно до 1812 года.

Тем временем наблюдения Румфорда, Дэви и Лесли за "жарой" расчистили путь для правильной интерпретации фактов — относительно самих фактов долгое время существовало практическое единодушие. Доктор Блэк своими наблюдениями за скрытым теплом действительно дал ключ ко всем последующим обсуждениям вопроса об осаждении пара; и с этого времени было известно, что тепло поглощается, когда вода испаряется, и снова отдается, когда она конденсируется. Доктор Дарвин показал в 1788 году в докладе, представленном Королевскому обществу, что воздух отдает тепло при сжатии и поглощает его при расширении; а Дальтон в своем эссе 1793 года объяснил это явление конденсацией и испарением воды, содержащейся в воздухе.

Но некоторые любопытные и озадачивающие наблюдения, о которых профессор Патрик Уилсон, профессор астрономии в Университете Глазго, сообщил Королевскому обществу Эдинбурга в 1784 году, и некоторые аналогичные наблюдения, сделанные мистером Сиксом из Кентербери несколько лет спустя, остались необъясненными. Оба этих джентльмена заметили, что воздух там, где образуется роса, холоднее, чем воздух на несколько футов выше, и они пришли к выводу, что образующаяся роса впитала тепло, что является очевидным нарушением установленных физических принципов.

Уэллсу оставалось в своей памятной статье 1816 года показать, что эти наблюдатели просто поставили телегу впереди лошади. Он ясно дал понять, что воздух холоднее не потому, что образуется роса, а что роса образуется потому, что воздух холоднее — он стал таким благодаря излучению тепла от твердых тел, на которых образуется роса. Сама роса, образуясь, отдает скрытое тепло и, таким образом, стремится выровнять температуру.

Статья Уэллса является настолько замечательной иллюстрацией ясного изложения четко продуманных экспериментов и логических выводов, что мы поступили бы несправедливо, не представив ее полностью. Упоминание автором наблюдений Сикса и Уилсона придает дополнительную ценность его собственному изложению.

Эссе доктора Уэллса о росе

"Осенью 1784 года в результате грубого эксперимента я пришел к выводу, что образование росы, вероятно, сопровождается возникновением холода. В 1788 году статья об ином, написанная мистером Патриком Уилсоном из Глазго, была опубликована в первом томе "Трудов Королевского общества Эдинбурга", из которой следует, что это мнение было высказано этим джентльменом до того, как оно пришло в голову мне. В течение того же года мистер Сикс из Кентербери упомянул в документе, направленном Королевскому обществу, что в ясные и росистые ночи он всегда находил ртуть ниже в термометре, положенном на землю на лугу по соседству с ним, чем в аналогичном термометре, подвешенном в воздухе на шесть футов выше первого; и что за одну ночь разница составила пять градусов по шкале Фаренгейта. Мистер Сикс, однако, не предполагал, в согласии с мнением мистера Уилсона и моим, что холод был вызван образованием росы, но вообразил, что это произошло частично из-за низкой температуры воздуха, из-за которой сошла роса, уже образовавшаяся в атмосфере, и частично из-за испарения влаги с земли, на которой был установлен его термометр. Предположение

мистера Уилсона и наблюдения мистера Сикса вместе со многими фактами, которые я впоследствии узнал в ходе чтения, укрепили мое мнение; но до осени 1811 года я не предпринимал попыток экспериментально убедиться, насколько оно справедливо, хотя в то же время оно почти ежедневно приходило мне в голову. Оказавшись в то время года в этой стране ясной и тихой ночью, я положил термометр на мокрую от росы траву и подвесил второй в воздухе на высоте двух футов один над другим. Час спустя было обнаружено, что термометр на траве был на восемь градусов ниже, на деление по Фаренгейту, чем в воздухе. Аналогичные результаты были получены в результате нескольких аналогичных экспериментов, проведенных той же осенью, и следующей весной я решил заняться этим предметом с некоторой степенью постоянства и с этой целью часто посещал дом одного из моих друзей, который живет в Суррее.

По прошествии двух месяцев мне показалось, что я собрал информацию, достойную публикации; но, к счастью, при подготовке отчета о ней я случайно наткнулся на небольшую посмертную работу мистера Сикса, напечатанную в Кентербери в 1794 году, в которой описываются различия, наблюдаемые в росистые ночи между термометрами, установленными на траве, и другими в воздухе, которые намного больше, чем те, которые упоминаются в статье, представленной им Королевскому обществу в 1788 году. В этой работе также холод травы объясняется, в согласии с мнением мистера Уилсона, исключительно нанесенной на нее росой. Ценность моих собственных наблюдений, как мне теперь кажется, значительно уменьшилась, хотя они охватывали многие моменты, оставленные нетронутыми мистером Сиксом, я отказался от своих намерений обнародовать их. Однако вскоре после этого, рассмотрев предмет более внимательно, я начал подозревать, что мистер Уилсон, мистер Сикс и я все совершили ошибку, считая холод, сопровождающий росу, результатом образования этой жидкости. Поэтому я возобновил свои эксперименты и, полагая, с их помощью не только подтвердил справедливость моих подозрений, но и установил истинную причину как росы, так и нескольких других естественных явлений, которые до сих пор не получили достаточного объяснения, я осмеливаюсь теперь представить на рассмотрение ученых отчет о некоторых моих работах, независимо от порядка времени, в течение которого они были выполнены, и о различных выводах, которые могут быть сделаны из них, смешанный с фактами и мнениями, уже опубликованными другими:

"В природе есть различные явления, которые кажутся мне строго связанными с росой, хотя их связь с ней не всегда заметна с первого взгляда. Изложение и объяснение некоторых из них составят заключительную часть настоящего эссе.

"1. Однажды утром, зимой, я заметил, что все стекла в окнах моей спальни с внутренней стороны были влажными, но те, которые были закрыты внутренними ставнями на ночь, были гораздо влажнее, чем те, которые были открыты. Предположив, что это разнообразие внешнего вида зависит от разницы температур, я приложил голые лампочки двух тонких термометров к закрытому и непокрытому стеклу; при этом я обнаружил, что первое было на три градуса холоднее второго. Воздух в комнате, хотя в ней не разводили огонь, был в это время на одиннадцать с половиной градусов теплее, чем снаружи. Подобные эксперименты проводились многими другими утрами, результаты которых заключались в том, что теплота внутреннего воздуха превышала теплоту наружного на восемь-восемнадцать градусов, температура закрытых стекол была на один-пять градусов ниже, чем непокрытых; что на закрытых стеклах иногда появлялась роса, в то время как непокрытые были сухими; что в другое время на обоих не было влаги; что внешние стороны закрытых и непокрытых стекол имели аналогичные различия в

отношении тепла, хотя и не такие большие, как на внутренних поверхностях; и что никаких изменений в количестве этих различий не было вызвано изменением температуры. погода облачная или ясная при условии, что температура внутреннего воздуха в равной степени превышает температуру внешнего в обоих этих состояниях атмосферы.

"Отдаленная причина этих различий сразу не представилась. Вскоре, однако, я увидел, что закрытые ставни защищали стекло, которое они прикрывали, от тепла, излучаемого к окнам стенами и мебелью комнаты, и таким образом поддерживали его температуру ближе к температуре наружного воздуха, чем те части, которые, будучи открытыми, получали тепло, излучаемое к ним только что упомянутыми телами.

"Проводя эти эксперименты, я редко наблюдал, чтобы внутренняя поверхность какого-либо стекла была более чем слегка увлажненной, хотя она могла быть на восемь-двенадцать градусов холоднее общей массы воздуха в комнате; в то время как на открытом воздухе я часто обнаруживал обильную росу, образующуюся на веществах, которые всего на три-четыре градуса холоднее атмосферы. Сначала это меня удивило, но теперь причина кажется очевидной. Воздух в камере когда-то был частью внешней атмосферы, а затем был нагрет, когда в него стало поступать немного дополнительной влаги по сравнению с его первоначальной влажностью. Его постоянно требовалось значительно охлаждать, прежде чем он хотя бы возвращался к своей прежней близости к насыщению водой; в то время как весь внешний воздух обычно ночью почти насыщен влагой и поэтому легко осаждает росу на телах, лишь немного более холодных, чем он сам.

"Когда воздух в помещении теплее, чем внешняя атмосфера, влияние наружной шторы на температуру оконного стекла будет прямо противоположным тому, что только что было указано; поскольку она должна предотвращать излучение в атмосферу тепла камеры, передаваемого через стекло.

"2. Граф Румфорд, по-видимому, справедливо предположил, что жители некоторых жарких стран, которые спят по ночам на крышах своих домов, охлаждаются во время такого воздействия излучением своего тепла в небо; или, согласно его манере выражаться, получая леденящие лучи с небес. Другим фактом такого рода, по-видимому, является большой холод, который мы часто испытываем, выходя ночью из укрытия дома на воздух, чем можно было бы ожидать от холода внешней атмосферы. Говорят, что причиной, действительно, является быстрота перехода от одной ситуации к другой. Но если бы причина заключалась только в этом, то такой же холод ощущался бы и днем, когда разница в температуре между внутренним и внешним воздухом была такой же, как ночью, а это не так. Кроме того, если я могу доверять своим собственным наблюдениям, ощущение холода по этой причине более заметно ясной, чем облачной ночью, и в сельской местности, чем в городах. По-видимому, главным образом следует объяснить эти вещи следующим образом:

"В течение дня наши тела, находясь на открытом воздухе, хотя и не сразу подвергаются воздействию солнечных лучей, все же постоянно получают от них тепло за счет отражения атмосферы. Это тепло, хотя и мало влияет на температуру воздуха, через который оно проходит, дает нам некоторую компенсацию за тепло, которое мы излучаем небесам. Ночью, также, если небо затянуто тучами, нам будет выплачена некоторая компенсация, как в городе, так и в деревне, хотя и в меньшей степени, чем днем, поскольку облака будут отдавать на землю немалое количество тепла. Но ясной ночью, на открытой местности, нам почти ничего не может

быть возвращено сверху взамен тепла, которое мы излучаем вверх. Однако в городах даже в самые ясные ночи будет обеспечена некоторая компенсация тепла, которое мы теряем на открытом воздухе, за счет того, которое излучается солнцем вокруг зданий.

"К нашей потере тепла из-за радиации, которую мы иногда практически не компенсируем излучением других тел, вероятно, следует отнести большую часть вредного воздействия ночного воздуха. Декарт говорит, что это происходит не из-за росы, как было распространено мнение его современников, а из-за выпадения определенных вредных паров, которые были выдыхаемы землей во время дневной жары, а затем конденсируются холодом безмятежной ночи. Рассматриваемые эффекты, безусловно, не могут быть вызваны росой, поскольку эта жидкость не образуется на здоровом теле человека в условиях умеренного климата; но, несмотря на это, они могут возникать по той же причине, которая вызывает образование росы на тех веществах, которые, в отличие от человеческого тела, не обладают способностью вырабатывать тепло для восполнения того, что они теряют в результате излучения или любыми другими способами".(2)

Это объяснение прояснило, почему роса образуется ясной ночью, когда нет облаков, отражающих лучистое тепло. В сочетании с теорией Дальтона о том, что пар является независимым газом, количество которого в любом данном пространстве ограничено температурой этого пространства, это решило проблему образования облаков, дождя, снега и инея. Таким образом, эта статья Уэллса закрыла эпоху спекуляций относительно этой области метеорологии, как ее открыла статья Хаттона 1784 года. Тот факт, что том, содержащий статью Хаттона, содержал также его эпохальную статью по геологии, любопытным образом дублируется тем фактом, что том Уэллса содержал также его эссе об альбинизме, в котором впервые была сформулирована доктрина естественного отбора, как открыто признал Чарльз Дарвин после того, как его собственные усилия прославили эту доктрину.

ИЗОТЕРМЫ И ОКЕАНСКИЕ ТЕЧЕНИЯ

Уже на следующий год после публикации статьи доктора Уэллса во Франции вышел третий том "Мемуаров о физике и химии Общества Аркуэля", и была открыта новая эпоха в метеорологии. Общество, о котором шла речь, было численно незначительной группой, насчитывающей всего дюжину членов; но каждое имя было известным: Араго, Берар, Бертолле, Био, Шапталъ, Де Кандоль, Дюлонг, Гей-Люссак, Гумбольдт, Лаплас, Пуассон и Тенар — все они были редкостными личностями. Невелика опасность, что мемуары такой группы будут отправлены на пыльные полки, где место большинству трудов обществ, — такой компании не подадут "молоко для младенцев".

Интересующая нас здесь статья завершает этот третий и последний том мемуаров. Она озаглавлена "Изотермы линий и распределение земного шара". Автор - Александр Гумбольдт. Излишне говорить, что тема проработана виртуозно. Распределение тепла на поверхности земного шара, на склонах гор, в недрах земли; причины, регулирующие такое распределение; климатические последствия — вот обсуждаемые темы. Но что придает эпохальный характер статье, так это введение этих изотермических линий, нерегулярно огибающих землю, соединяющих места с одинаковой среднегодовой температурой и, таким образом, закладывающих фундамент науки сравнительной климатологии.

Это правда, что попытка сравнительного изучения климата не была новой. Майран пытался это сделать в тех статьях, в которых он развивал свои причудливые идеи относительно центральных источников тепла. Эйлер применил свой глубокий математический гений к этой теме, сделав "экстраординарный вывод о том, что под экватором в полночь холод должен быть более сильным, чем на полюсах зимой". И в частности, Ричард Кирван, английский химик, объединил математические и эмпирические методы и рассчитал температуры для всех широт. Но Гумбольдт отличается от всех этих предшественников тем, что он придерживается идеи о том, что основой всех подобных вычислений должна быть не теория, а факт. Он провел свои изотермические линии не там, где какой-то оккультный расчет расположил бы их на идеальном глобусе, а там, где практические тесты с термометром обнаруживают их на нашем глобусе как он есть. Лондон, например, расположен на той же широте, что и южная оконечность Гудзонова залива; но изотерма Лондона, как ее описывает Гумбольдт, проходит через Цинциннати.

Конечно, такие отклонения климатических условий между местами на одной и той же широте были известны давно. Как отмечает сам Гумбольдт, первые поселенцы Америки были поражены, обнаружив, что подвергаются суровым климатическим условиям, к которым их европейский опыт совершенно не подготовил. Более того, проникательные путешественники, в частности спутник Кука во втором путешествии, молодой Джордж Форстер, в качестве общего принципа отметили, что западные границы континентов в регионах с умеренным климатом всегда теплее, чем соответствующие широты их восточных границ; и, конечно, общая истина о том, что вблизи моря температуры более мягкие, чем в глубине континентов, была давно известна. Но Изотермические линии Гумбольдта впервые придали осязаемость этим идеям и сделали практически осуществимым подлинно научное исследование сравнительной климатологии.

При изучении этих линий, особенно выявленных в ходе дальнейших наблюдений, стало ясно, что их расположение ни в коем случае не является случайным, а зависит от географических условий, которые в большинстве случаев определить нетрудно. Сам Гумбольдт очень четко указал на основные причины, которые имеют тенденцию вызывать отклонения от средней — или, как позже назвал это Доув, нормальной — температуры для любой данной широты. Например, среднегодовая температура региона (относящегося в основном к северному полушарию) повышается из-за близости западного побережья; из-за разделенной конфигурации континента на полуострова; из-за наличия открытых морей на севере или радиальных континентальных поверхностей на юге; из-за горных хребтов, защищающих от холодных ветров; из-за редкости замерзания болот; из-за отсутствия лесов на сухой песчаной почве; и из-за безмятежности неба в летние месяцы и близости океанского течения, приносящего воду более высокой температуры, чем у окружающего моря.

Условия, противоположные этим, имеют тенденцию, конечно, соответственно снижать температуру. Одним словом, Гумбольдт говорит, что климатическое распределение тепла зависит от относительного распределения суши и моря и от "гипсометрической конфигурации континентов"; и он настаивает на том, что "великие метеорологические явления невозможно понять, если рассматривать их независимо от геогностических связей" — истина, которая, как и большинство других общих принципов, кажется достаточно простой, если на нее указать.

С присущим ему размахом воображения Гумбольдт говорит об атмосфере как о "воздушном океане, в нижних слоях и на отменях которого мы живем", и он изучает атмосферные явления всегда в связи с явлениями этого другого океана воды. В каждом из этих океанов существуют

обширные постоянные течения, текущие всегда в определенных направлениях, которые чрезвычайно изменяют климатические условия каждой зоны. Воздушный океан - это огромный водоворот, который всегда вскипает под воздействием солнечного тепла на экваторе и течет верхним течением к обоим полюсам, в то время как подводное течение от полюсов, которое становится пассатами, течет к экватору, чтобы занять свое место.

Но перегретый экваториальный воздух, охлаждаясь, опускается на поверхность в умеренных широтах и продолжает свой путь к полюсу в виде встречных пассатов. Пассаты отклоняются к западу, потому что при приближении к экватору они постоянно проходят над поверхностями земли, имеющими все большую и большую скорость вращения, и поэтому, так сказать, имеют тенденцию отставать — объяснение, на которое указал Хэдли в 1735 году, но которое не было принято до тех пор, пока Дальтон независимо не разработал его и не обнародовал в 1793 году. По противоположной причине антитрейды смещены на восток; следовательно, западные границы континентов в умеренных зонах омываются влажными морскими бризами, в то время как их восточные границы лишены этого рассеивающего холод влияния.

В океане воды основные течения протекают в виде более резко очерченных потоков — настоящих рек в море. Из них наиболее известным и наиболее четко очерченным является всем известное течение Гольфстрим, берущее свое начало в экваториальном течении, направляемом пассатами на запад, которое в основном отклоняется на север у мыса Сан-Рок, впадает в Карибское море и Мексиканский залив, чтобы, наконец, выйти через Флоридский пролив и отправиться через Атлантику к теплым берегам Европы.

Таково, по крайней мере, течение Гольфстрим в понимании Гумбольдта. Однако со времен Гумбольдта океанские течения в целом, и это течение в частности, были предметом бесконечных споров, и горячо оспаривается, являются ли причины или следствия Гольфстрима именно такими, какими их представлял Гумбольдт, как и другие люди его времени. Примерно в середине века лейтенант М. Ф. Мори, выдающийся американский гидрограф и метеоролог, отстаивал теорию тяготения как главной причины течений, утверждая, что разница в плотности, обусловленная разницей в температуре и солёности, в достаточной степени объясняет океаническую циркуляцию. Эта теория приобрела большую популярность благодаря широкому распространению книги Мори "Физическая география моря", которая, как говорят, выдержала больше изданий, чем любая другая научная книга того периода; но с ней умело и энергично боролся доктор Джеймс Кролл, шотландский геолог, в своей книге "Климат и время", и в последнее время старая теория о том, что океанские течения возникают из-за пассатов, снова завоевала популярность. Действительно, совсем недавно была построена модель, с помощью которой, как говорят, было продемонстрировано, что преобладающие ветры в направлении фактических пассатов будут создавать такое течение, как Гольфстрим.

Между тем, однако, ни в коем случае нельзя быть уверенным, что гравитация не участвует в данном случае до такой степени, чтобы не создавать незаметную общую океаническую циркуляцию, независимую от Гольфстрима и подобных заметных течений, и сходную по своим более крупным очертаниям с полярно-экваториальной циркуляцией воздуха. Идея такой океанической циркуляции была впервые подробно предложена профессором Ленцем из Санкт-Петербурга в 1845 году, но она не была общепризнанной до тех пор, пока доктор Карпентер независимо не пришел к этой идее более двадцати лет спустя. Правдоподобность концепции

очевидна, однако предполагаемый факт такого распространения был горячо оспорен, и этот вопрос все еще находится на рассмотрении суда.

Но независимо от того, имеет ли место такая общая циркуляция океанской воды, бесспорно, что признанные течения несут огромное количество тепла из тропиков к полюсам. Доктор Кролл, который, возможно, уделял физике предмета больше внимания, чем почти любой другой человек, подсчитал, что Гольфстрим передает в Северную Атлантику на четверть больше тепла, чем это тело получает непосредственно от солнца, и он утверждает, что если бы не перенос тепла этим и подобными тихоокеанскими течениями, только в узком тропическом регионе земного шара было бы достаточно тепло для обитания существующих фаун. Доктор Кролл утверждает, что небольшого изменения относительных значений северного и южного пассатов (такого, которое, по его мнению, имело место в различные периоды в прошлом) было бы достаточно, чтобы экваториальное течение, которое сейчас питает Гольфстрим, настолько изменилось, что его основная масса была бы отклонена на юг, а не на север, под углом к мысу Сент-Рок. Таким образом, Гольфстрим был бы пресечен в зародыше, и, по оценкам доктора Кролла, результаты были бы катастрофическими для северного полушария. Антитрейды, которые сейчас согреваются Гольфстримом, тогда дули бы в виде холодных ветров вдоль берегов западной Европы, и, по всей вероятности, ледниковая эпоха наступила бы по всему северному полушарию.

Те же последствия, по крайней мере, для Европы, очевидно, имели бы место, если бы Панамский перешеек опустился в море, позволив Карибскому течению пройти в Тихий океан. Но геолог говорит нам, что этот перешеек возник в сравнительно недавний геологический период, хотя и намекается, что некоторое время назад между двумя континентами существовало временное сухопутное сообщение. Должны ли мы тогда заключить, что две Америки в своих союзах и разобщенности жонглировали климатом другого полушария? Очевидно, что так, если сделанные оценки влияния Гольфстрима состоятельны. От Панамы до России далеко. И все же представляется возможным, что метеоролог может узнать от геолога Центральной Америки нечто такое, что позволит ему объяснить европейскому палеонтологу, как случилось, что в одно время мамонт и носорог бродили по северной Сибири, в то время как в другое время северный олень и овцебык бродили по берегам Средиземного моря.

Возможности, сказал я, а не вероятности. И все же даже слабый проблеск столь заманчивой возможности со всей очевидностью убеждает в истинности проницательного наблюдения Гумбольдта о том, что метеорологию можно должным образом понять только тогда, когда ее изучают в связи с сопутствующими науками. В природе нет изолированных явлений.

ЦИКЛОНЫ И АНТИЦИКЛОНЫ

Однако, в конце концов, нельзя отрицать, что главная забота метеоролога должна быть связана с другой средой, "воздушным океаном, на отмелях которого мы живем". Ибо что бы ни было достигнуто водными потоками для передачи тепла, именно ветровые течения влияют на окончательное распределение этого тепла. Как настаивал доктор Кролл, воды Гольфстрима согревают берега Европы не при прямом контакте, а за счет потепления встречных пассатов, которые впоследствии дуют по всему континенту. И повсюду тепло, накопленное водой, становится эффективным средством изменения климата не столько за счет прямого излучения, сколько за счет диффузии через воздушную среду.

Эта совершенно очевидная важность воздушных течений привела к их практическому изучению задолго до того, как метеорология получила какое-либо звание науки, а объяснение пассатов Далтоном заложило основу науки о динамике ветра еще до начала девятнадцатого века. Но существенного дальнейшего прогресса в этом направлении не было достигнуто примерно до 1827 года, когда Генрих В. Дав из Кенигсберга, впоследствии получивший известность как, возможно, выдающийся метеоролог своего поколения, включил ветры в число объектов своих сложных статистических исследований в области климатологии.

Дав классифицировал ветры как постоянные, периодические и переменные. Его великим открытием было то, что все ветры любого характера, а не только постоянные, попадают под влияние вращения Земли таким образом, что отклоняются от своего курса и, следовательно, приобретают вращательное движение — короче говоря, все местные ветры являются незначительными вихрями в великом полярно-экваториальном водовороте и имеют тенденцию воспроизводить в миниатюре характер этого огромного водоворота. Таким образом, впервые было замечено, что временные или переменные ветры находятся в сфере действия закона.

Поколение спустя профессор Уильям Феррел, американский метеоролог, которого изучение рассуждений Мори об океанских ветрах побудило заняться этой темой, сформулировал общий математический закон, гласящий, что любое тело, движущееся по прямой линии вдоль поверхности Земли в любом направлении, имеет тенденцию отклоняться от своего курса из-за вращения земли вправо в северном и влево в южном полушарии. Этот закон действительно был сформулирован еще в 1835 году французским физиком Пуассоном, но тогда никто не думал о нем иначе, как о математическом курьезе; его истинное значение было понято только после того, как профессор Феррел независимо заново открыл его (точно так же, как Далтон заново открыл забытый закон пассатов Хэдли) и применил его к движению ветровых течений.

Затем стало ясно, что здесь находится ключ к явлениям атмосферной циркуляции, от большого полярно-экваториального водоворота, проявляющегося в пассатах, до наиболее ограниченной ряби, которая объявляется локальным штормом. И чем больше изучались эти явления, тем более поразительной казалась параллель между большим водоворотом и этими меньшими вихрями. Точно так же, как вся атмосферная масса каждого полушария, если рассматривать ее в целом, находится в сильном водовороте вокруг полюса этого полушария, так и локальные возмущения внутри этого большого прилива всегда принимают форму завихрений вокруг локального центра шторма, который, тем временем, переносится главным течением, подобно тому, как часто можно увидеть небольшой водоворот в воде, уносимый вместе с основным течением ручья. Иногда, действительно, местный вихрь, как бы подхваченный вспомогательным течением великого полярного потока, отклоняется от своего нормального течения и может казаться, что он движется против течения; но такие отклонения являются отклонениями от правила. В подавляющем большинстве случаев, например, в северной зоне умеренного климата, центр шторма (с сопутствующим ему локальным вихрем) перемещается на северо-восток, вдоль основного течения противотранспортного ветра, частью которого он является; и хотя в исключительных случаях его направление может быть на юго-восток, он почти никогда не отклоняется от основного русла настолько, чтобы продвигаться на запад. Таким образом, штормы, проносящиеся над Соединенными Штатами, могут быть объявлены, как правило, на побережье заранее по телеграфу из внутренних районов страны, в то время как аналогичные штормы обрушиваются на Европу со стороны океана без предупреждения. Отсюда более практичная доступность прогнозов метеорологических бюро в бывшей стране.

Но следует понимать, что эти локальные вихри являются локальными только в самом общем смысле этого слова, поскольку один из них может иметь более тысячи миль в диаметре, а маленький - двести или триста миль в поперечнике. Но совершенно независимо от размера вихря, составляющий его воздух всегда ведет себя одним из двух способов. Он никогда не вращается концентрическими кругами; он всегда либо устремляется к центру по нисходящей спирали, и в этом случае его называют циклоном, либо распространяется от центра по расширяющейся спирали, и в этом случае его называют антициклоном. Слово "циклон" ассоциируется в популярной фразеологии с ужасающим штормом, но в техническом употреблении такого ограничения нет. Легкий зефир, текущий к "центру шторма", является для метеоролога таким же циклоном, как и вихрь, составляющий вест-индский ураган. Действительно, в любом случае циклоном называется не сам ветер, а вся система вихрей, включая сам центр шторма, где ветра может вообще не быть.

Что же тогда представляет собой этот центр шторма? Просто область низкого атмосферного давления — область, где воздух стал легче воздуха окружающих регионов. Под действием силы тяжести воздух стремится к своему уровню точно так же, как это делает вода; таким образом, тяжелый воздух поступает со всех сторон в область низкого давления, которая, таким образом, становится "центром шторма". Но набегающие потоки никогда не достигают своей цели. В соответствии с законом Ферреля они отклоняются вправо, и результатом, как легко увидеть, должен быть вихревой поток, который вращается всегда в одном направлении, а именно слева направо, или в направлении, противоположном направлению стрелок часов, которые держатся лицевой стороной вверх. Скорость циклонических течений будет в значительной степени зависеть от разницы в барометрическом давлении между центром шторма и границами системы циклонов. А скорость течений будет в некоторой степени определять степень отклонения и, следовательно, точный путь нисходящей спирали, по которой ветер приближается к центру. Но в каждом случае и в каждой части системы циклонов верно, как впервые было указано в знаменитом правиле Байеса Баллота, что у человека, стоящего спиной к ветру, центр шторма находится слева от него.

Основной причиной низкого атмосферного давления, отмечающего центр шторма и формирующего циклон, является расширение воздуха из-за превышения температуры. Нагретый воздух, поднимающийся в холодные верхние области, конденсирует часть своего пара в виде облаков, и теперь добавляется новый динамический фактор, поскольку каждая частица пара при конденсации отдает толику скрытого тепла. Таким образом, каждый фунт пара выделяет, по оценке профессора Тиндалла, достаточно тепла, чтобы расплавить пять фунтов чугуна; таким образом, количество, выделяемое там, где образуются большие массы облаков, должно в огромной степени усиливать конвекционные потоки воздуха и, следовательно, усиливать штормовую мощь формирующегося циклона. Действительно, одна школа метеорологов, лидером которой был профессор Эспи, считала, что без такого дополнительного приращения энергии, постоянно усиливающего динамические эффекты, ни один шторм не мог бы долго продолжаться в бурном действии. И сомнительно, что какой—либо шторм мог бы когда—либо достичь, а тем более продолжаться, ужасающей силы самого страшного из ветров умеренных зон, торнадо - шторма, который подчиняется всем законам циклонов, но отличается от обычных циклонов наличием вихревого ядра диаметром всего в несколько футов или ярдов - без помощи тех огромных масс конденсирующегося пара, которые всегда сопровождают его в виде грозовых облаков.

Антициклон просто меняет условия циклона на противоположные. Его центром является область высокого давления, и воздух устремляется из нее во всех направлениях к окружающим областям низкого давления. Как и прежде, все части течения будут отклонены вправо, и в результате, очевидно, получится вихрь, противоположный по направлению циклону. Но здесь наблюдается тенденция к рассеиванию, а не к концентрации энергии, следовательно, рассматриваемый как грозовой генератор, антициклон имеет относительную незначительность.

В частности, профессиональный метеоролог, возглавляющий "бюро погоды", как, например, начальник станции обслуживания сигналов Соединенных Штатов в Нью-Йорке, настолько поглощен наблюдением за этим явлением, что можно сказать, что поиск циклонов является его главным занятием. В основном именно с этой целью во всем мире были созданы государственные метеорологические бюро или службы связи. Их основная работа заключается в отслеживании циклонов с помощью телеграфных сообщений, составлении карты их курса и регистрации сопутствующих метеорологических условий. Их так называемые предсказания по сути являются предикациями, приобретающими локальный эффект предсказаний, потому что телеграф обгоняет ветер.

Только в одном месте на земном шаре метеорологи пока могли делать долгосрочные прогнозы, заслуживающие названия предсказаний. Это долина среднего Ганга на севере Индии. В этой стране климатические условия в значительной степени зависят от периодических ветров, называемых муссонами, которые постоянно дуют в направлении суши с апреля по октябрь и в направлении моря с октября по апрель. Летние муссоны приносят самые необходимые дожди; если они будут отложены или ограничены в объеме, наступит засуха и, как следствие, массовый голод. И такое ограничение муссонов, вероятно, возникает в результате необычно глубокого или очень позднего выпадения снега в Гималаях из-за снижения весенней температуры из-за таяния снега. Таким образом, здесь можно, наблюдая за выпадением снега в горах, с некоторой долей успеха предсказать среднее количество осадков следующим летом. Таким образом, засуха 1896 года с последовавшими за ней голодом и чумой, которые опустошили Индию следующей зимой, была предсказана на несколько месяцев вперед.

Это величайший триумф практической метеорологии на сегодняшний день. Ничего подобного пока не возможно нигде в зонах умеренного климата. Но никто не может сказать, что может оказаться невозможным в грядущие времена, когда данные, собираемые сейчас по всему миру, будут, наконец, скоординированы, классифицированы и лягут в основу широких предположений. Метеорология - это в высшей степени наука будущего.

VI. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРИИ ТЕПЛА И СВЕТА

Философ восемнадцатого века добился больших успехов в изучении физических свойств материи и применении этих свойств в механике, о чем свидетельствуют паровой двигатель, воздушный шар, оптический телеграф, прятка, хлопкоочистительная машина, хронометр, усовершенствованный компас, лейденская банка, громоотвод и множество второстепенных изобретений. Спекулятивным путем он разработал более или менее обоснованные концепции относительно конечной природы материи, о чем свидетельствуют теории Лейбница, Босковича и Дэви, к которым мы можем вернуться. Но он тогда еще не осознал различия между материей и энергией, которое является столь фундаментальным для физики более поздней эпохи. Он не говорил о тепле, свете, электричестве как о формах энергии или "силе"; он воспринимал их как тонкие формы материи — как сильно разреженные, но осязаемые жидкости, подверженные гравитации и химическому притяжению; хотя он научился точно измерять только тепло, и это он мог проверить только в узких пределах до конца столетия, когда Джосайя Веджвуд, знаменитый гончар, научил его измерять самые высокие температуры с помощью глиняного пирометра.

Он говорил о тепловом веществе как о наиболее универсально распределенной жидкости в природе; как о веществе, входящем в той или иной степени в состав почти всех других веществ; как о веществе, иногда жидком, иногда конденсированном или твердом, и как о веществе, имеющем вес, который можно определить с помощью весов. Вслед за Ньютоном он говорил о свете как о "корпускулярной эманации" или жидкости, состоящей из сияющих частиц, которые, возможно, могут преобразовываться в тепловые частицы и которые вступают в химическое соединение с частицами других форм материи. Электричество он считал еще более тонким видом материи - возможно, ослабленной формой света. Магнетизм, "жизненный флюид", а некоторыми даже "гравитационный флюид" и звуковой флюид были помещены на одну шкалу; и, взятые вместе, все эти предполагаемые тонкие формы материи были классифицированы как "невесомые".

Этот взгляд на природу "невесомого" был в некоторой степени регрессом, поскольку многие философы семнадцатого века, особенно Гук, Гюйгенс и Бойль, придерживались более правильных взглядов; но материалистическая концепция настолько хорошо соответствовала тенденциям мысли восемнадцатого века, что лишь кое-где философ, подобный Эйлеру, ставил ее под сомнение, вплоть до конца столетия. Текущая речь беспрекословно ссылалась на материальность "невесомого". Студенты, изучавшие метеорологию — науку, которая только зарождалась, — объясняли атмосферные явления, исходя из предположения, что тепло, самое тяжелое и невесомое, преобладает в нижних слоях атмосферы, а свет, электричество и магнетизм преобладают в последовательно более высоких слоях. А Лавуазье, самый философствующий химик столетия, включил тепло и свет в свой список элементарных веществ наравне с кислородом, водородом, железом и остальными.

ГРАФ РУМФОРД И КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ТЕПЛОТЫ

Но как раз в конце столетия уверенность в статусе невесомого была грубо поколеблена в умах философов возрождением старой идеи фра Паоло, Бэкона и Бойля о том, что тепло, во всяком случае, не является материальной жидкостью, а просто способом движения или вибрации частиц "весомой" материи. Новым поборником старой доктрины о природе тепла был очень

выдающийся философ и дипломат того времени, который, возможно, стоит напомнить, был американцем. Он был печально изгнанным американцем, это правда, о чем красноречиво свидетельствует его имя со всеми официальными придатками; но, тем не менее, он родился и вырос в деревне Массачусетса и, кажется, всегда сохранял благожелательный интерес к стране своего рождения, даже несмотря на то, что все последние годы своей жизни жил за границей на службе у других держав и был посвящен в рыцари Англией, облагорожен Баварией и удостоен чести самых выдающихся научных организаций Европы. Таким образом, американцем, который отстаивал вибрационную теорию теплоты вопреки всему существующему мнению в эту завершающую эпоху восемнадцатого века, был генерал-лейтенант сэр Бенджамин Томпсон, граф Румфорд, Королевского Военно-морского флота

Румфорд показал, что тепло может вырабатываться в неопределенных количествах при трении тел, которые сами по себе не теряют при этом сколько-нибудь заметного вещества, и утверждал, что это доказывает несущественность тепла. Позже он добавил убедительности этому аргументу, доказав в опровержение экспериментов Боудича, что ни одно тело не набирает и не теряет вес в силу нагревания или охлаждения. Он думал, что доказал, что тепло - это всего лишь форма движения.

Его эксперимент по выделению неопределенного количества тепла трением описан им в статье, озаглавленной "Исследование источника тепла, возбуждаемого трением".

"В последнее время, наблюдая за растачиванием пушек в мастерских военного арсенала в Мюнхене, - говорит он, - я был поражен очень высокой степенью нагрева, которую медное ружье приобретает за короткое время при растачивании; и еще более высокой температурой (намного большей, чем у кипящей воды, как я установил опытным путем) металлической стружки, отделяемой от нее сверлом.

"Взяв пушку (латунную шестифунтовую пушку), отлитую цельно и грубо, в том виде, в каком она была получена в литейном цехе, и установив ее горизонтально на станке, используемом для растачивания, и в то же время обработав внешнюю сторону пушки путем обточки, я отрезал ее крайнюю часть; и, обточив металл в этой части, образовался прочный цилиндр диаметром $7 \frac{3}{4}$ дюйма и длиной $9 \frac{8}{10}$ дюймов; который после завершения остался соединенным с остальным металлом (тем, что, собственно говоря, составляло пушку) небольшой цилиндрической шейкой, всего в 2 дюйма длиной. $\frac{1}{5}$ дюйма в диаметре и $3 \frac{8}{10}$ дюйма в длину.

Этот короткий цилиндр, который поддерживался в горизонтальном положении и поворачивался вокруг своей оси с помощью горловины, с помощью которой он оставался соединенным с пушкой, теперь растачивался горизонтальным сверлом, используемым при растачивании пушек.

"Поскольку этот цилиндр сконструирован специально для получения тепла за счет трения, путем прижатия тупого сверла к его твердому дну с одновременным вращением его вокруг своей оси с помощью лошадиных сил, чтобы время от времени можно было измерять накопленное в цилиндре тепло, в нем было сделано небольшое круглое отверстие диаметром всего 0,37 дюйма и глубиной 4,2 дюйма для установки небольшого цилиндрического ртутного термометра, с одной стороны, в направлении, перпендикулярном оси цилиндра, и заканчивающееся в середине твердой части цилиндра". металл, из которого образовалось дно отверстия.

"В начале эксперимента температура воздуха в тени, как и в цилиндре, составляла всего шестьдесят градусов по Фаренгейту. По истечении тридцати минут, когда цилиндр совершил 960 оборотов вокруг своей оси, лошади были остановлены, цилиндрический ртутный термометр, колба которого имела 32/100 дюйма в диаметре и 3 1/4 дюйма в длину, был вставлен в отверстие, сделанное для его приема в боковой части цилиндра, когда ртуть почти мгновенно поднялась до ста тридцати градусов.

"Чтобы с помощью одного решающего эксперимента определить, принимал ли атмосферный воздух какое-либо участие в выделении тепла, я ухитрился повторить эксперимент при обстоятельствах, при которых было очевидно, что он не мог произвести никакого эффекта. Посредством поршня, точно подогнанного к устью отверстия цилиндра, через середину поршня которого в квадратное отверстие, выполненное совершенно герметично, был пропущен квадратный железный стержень, к концу которого было прикреплено тупое стальное сверло, был эффективно предотвращен избыток наружного воздуха внутрь отверстия цилиндра. Однако в ходе этого эксперимента я не обнаружил, что удаление воздуха ни в малейшей степени уменьшало количество тепла, выделяемого трением.

Оставалось еще одно сомнение, которое, хотя и казалось мне настолько незначительным, что едва ли заслуживало какого-либо внимания, я, однако, желал устранить. Поршень, который перекрывал отверстие цилиндра, чтобы оно не пропускало воздух, был вставлен в него с такой тщательностью с помощью кожаных хомутов и прижимался к нему с такой силой, что, несмотря на то, что он был смазан маслом, он вызывал значительную степень трения, когда полый цилиндр поворачивался вокруг своей оси. Разве выделяемое тепло или, по крайней мере, какая-то его часть не была вызвана этим трением поршня? и, поскольку внешний воздух имел свободный доступ к концу канала, где он соприкасался с поршнем, не возможно ли, что этот воздух мог принимать какое-то участие в выработке выделяемого тепла?

"Четырехугольный продолговатый сосновый ящик, водонепроницаемый, снабженный отверстиями или прорезями в середине каждого из его концов, достаточно большими, чтобы вместить: одно - квадратный железный стержень, к концу которого крепилось тупое стальное сверло, другое — маленькую цилиндрическую горловину, соединявшую полый цилиндр с пушкой; когда этот ящик (который иногда закрывался сверху деревянной крышкой, перемещающейся на петлях) устанавливался на свое место, то есть когда с помощью двух вертикальных отверстий или прорезей на двух его концах ящик прикреплялся к стволу. Оборудование изготовлено таким образом, что его дно находится в плоскости горизонта, его ось совпадает с осью полого металлического цилиндра, из описания очевидно, что полый металлический цилиндр занимал бы середину ящика, не касаясь его ни с одной стороны; и что при наливании воды в ящик и наполнении его до краев цилиндр был бы полностью покрыт и окружен со всех сторон этой жидкостью. И, далее, поскольку ящик крепко удерживался прочным квадратным железным стержнем, который проходил в квадратном отверстии в центре одного из его концов, в то время как круглая или цилиндрическая горловина, соединяющая полый цилиндр с концом пушки, могла свободно поворачиваться вокруг своей оси в круглом отверстии в центре другого его конца, очевидно, что механизм можно было приводить в движение без малейшей опасности сдвинуть ящик с места, выплеснуть из него воду или вывести из строя какую-либо часть устройства".

Когда все было готово, ящик наполнили холодной водой, сделав его водонепроницаемым с помощью кожаных хомутов, и механизм привели в движение. "Результат этого прекрасного эксперимента, - говорит Рамфорд, - был очень поразительным, и удовольствие, которое он мне доставил, с лихвой вознаградило меня за все те хлопоты, которые я затратил на изобретение и настройку сложного механизма, использованного при его изготовлении. Цилиндр, вращающийся со скоростью тридцать два оборота в минуту, находился в движении совсем недолго, когда я почувствовал, опустив руку в воду и прикоснувшись к внешней стороне цилиндра, что выделяется тепло, и вскоре вода, окружающая цилиндр, стала ощутимо теплой.

"По истечении часа я обнаружил, опустив термометр в коробку, ... что его температура поднялась не менее чем на сорок семь градусов по Фаренгейту и сейчас составляет сто семь градусов по Фаренгейту. ... Через час тридцать минут после приведения оборудования в движение температура воды в баке составила сто сорок два градуса. По истечении двух часов... температуру подняли до ста семидесяти восьми градусов, и через два часа тридцать минут она **ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЗАКИПЕЛА!**

"Было бы трудно описать удивление, выразившееся на лицах прохожих, когда они увидели, что такое большое количество холодной воды нагрето и фактически доведено до кипения без какого-либо огня. Хотя на самом деле в этом событии не было ничего, что можно было бы справедливо считать неожиданностью, все же я честно признаю, что оно доставило мне некоторую степень детского удовольствия, которое, если бы я стремился к репутации **СЕРЬЕЗНОГО ФИЛОСОФА**, мне, безусловно, следовало бы скорее скрыть, чем обнаружить"

Таким образом, подробно остановившись на этих экспериментах, Румфорд переходит теперь к важнейшему обсуждению их значения - предмету, который был источником стольких спекуляций среди философов, — вопросу о том, что такое тепло на самом деле, и действительно ли существует такая вещь (как многие верили), как огненная жидкость или нечто, называемое калорийностью.

"Откуда взялось это тепло, которое постоянно выделялось таким образом в предыдущих экспериментах?" - спрашивает Румфорд. "Было ли это вызвано тем, что мелкие частицы металла отделились от более крупных твердых масс при их трении друг о друга? Этого, как мы уже видели, быть не могло.

- Это было сделано воздухом? Этого не могло быть, поскольку в трех экспериментах оборудование оставалось погруженным в воду, доступ атмосферного воздуха был полностью перекрыт.

- Это было вызвано водой, которая окружала оборудование? То, что этого не могло быть, очевидно: во-первых, потому, что эта вода постоянно **ПОЛУЧАЛА** тепло от оборудования и не могла одновременно **ОТДАВАТЬ** и **ПОЛУЧАТЬ ТЕПЛО** ОТ одного и того же тела; и, во-вторых, потому, что не происходило химического разложения какой-либо части этой воды. Если бы имело место какое-либо такое разложение (чего, действительно, нельзя было разумно ожидать), одна из составляющих ее эластичных жидкостей (наиболее вероятно, водород) должна была бы в то же время высвободиться и, выходя в атмосферу, была бы обнаружена; но, хотя я часто исследовал воду, чтобы увидеть, поднимаются ли в ней пузырьки воздуха, и даже приготовился улавливать их, если они появятся, я ничего не смог обнаружить; также не было

никаких признаков разложения любого рода или другого химического процесса, происходящего в воде.

"Возможно ли, что тепло могло подаваться с помощью железного стержня, к концу которого было прикреплено тупое стальное сверло? Или из-за маленькой горловины из оружейного металла, с помощью которой полый цилиндр соединялся с пушкой? Эти предположения кажутся даже более невероятными, чем любое из вышеупомянутых, поскольку тепло непрерывно отводилось или ВЫХОДИЛО ИЗ ОБОРУДОВАНИЯ по обоим этим каналам в течение всего времени проведения эксперимента.

И в рассуждениях на эту тему мы не должны забывать учитывать то самое замечательное обстоятельство, что источник тепла, выделяемого трением в этих экспериментах, очевидно, оказался НЕИСЧЕРПАЕМЫМ.

"Вряд ли нужно добавлять, что все, что любое ИЗОЛИРОВАННОЕ тело или система тел могут продолжать производить БЕЗ ОГРАНИЧЕНИЙ, никак не может быть МАТЕРИАЛЬНОЙ субстанцией; и мне кажется чрезвычайно трудным, если не совсем невозможным, сформировать какое-либо четкое представление о чем-либо, способном возбуждаться и передаваться так, как в этих экспериментах возбуждалось и передавалось тепло, за исключением ДВИЖЕНИЯ".(1)

ТОМАС ЯНГ И ВОЛНОВАЯ ТЕОРИЯ СВЕТА

Но суд того времени, хотя и с уважением прислушивался к Румфорду, был не склонен принимать его вердикт. Заветные убеждения поколения нельзя разрушить одним ударом. Однако там, где у многих умов схожий настрой, первый удар может спровоцировать общий конфликт; так было и здесь. Молодой Хамфри Дэви повторил эксперименты Румфорда и пришел к аналогичным выводам; вскоре к ним присоединились и другие. Затем, в 1800 году, доктор Томас Янг — в Кембридже его называли "Феноменом Янгом", потому что считалось, что он знает все на свете, — выступил в защиту колебательной теории света, и стало ясно, что два "невесомых", тепло и свет, должны стоять или падать вместе; но никто пока не предъявлял претензий к текучести электричества.

Прежде чем мы рассмотрим подробности нападения Янга на старую доктрину материальности света, мы должны остановиться и рассмотреть личность самого Янга. Ибо случилось так, что этот врач-квакер был одним из тех вундеркиндов, которые появляются лишь несколько раз в столетие и полный список которых в исторических хрониках можно было бы перечислить на пальцах. Его биографы рассказывают нам о нем вещи, которые читаются как самые банальные сказки. Будучи еще младенцем на руках, он мог бегло читать. Прежде чем ему исполнилось четыре года, он дважды прочитал Библию, а также Гимны Уоттса — бедное дитя! — а в семь или восемь лет он проявил склонность усваивать языки так же, как другие дети усваивают детские сплетни и стишки матушки Гусыни. Когда ему было четырнадцать, молодая леди, гостившая в доме его наставника, проявила покровительство к хорошенькому мальчику, попросив показать образец его почерка. Симпатичный мальчик с готовностью подчинился и мягко упрекнул свою собеседницу, быстро написав для нее несколько предложений на четырнадцати языках, включая арабский, персидский и эфиопский.

Между тем языки были всего лишь эпизодом в воспитании мальчика. Кажется, он проник во все доступные области мысли — математику, физику, ботанику, литературу, музыку, живопись,

языки, философию, археологию и так далее до утомительного предела, — и, однажды занявшись какой-либо областью, он редко сворачивал в сторону, пока не достигал границ предмета, известного на тот момент, и не добавлял что-то новое из тайников своего собственного гения. Он был таким же разносторонним, как Пристли, таким же глубоким, как сам Ньютон. У него был кругозор простого дилетанта, но везде чувствовалась полная хватка мастера. Рано он взял своим девизом поговорку о том, что то, что сделал один человек, может сделать и другой. Допустим, что у другого человека мозги Томаса Янга, это настоящий девиз.

Таким, значит, был молодой квакер, приехавший в Лондон, чтобы продолжить скучную жизнь практикующего врача в 1801 году. Но случайно молодого врача убедили на время ранней практики занять кафедру естественной философии в Королевском институте, который основал граф Румфорд и в котором Дэви в то время был профессором химии, — институте, слава которого увековечена такими именами, как Фарадей и Тиндаль, и о котором современный британец говорит как о "Пантеоне науки". Именно здесь Томас Янг провел те исследования, которые обеспечили ему нишу в храме славы, недалеко ушедшую от ниши Исаака Ньютона.

Еще в 1793 году, когда ему было всего двадцать, Янг начал передавать доклады Лондонскому королевскому обществу, которые были признаны достойными полной публикации в "Philosophical Transactions"; поэтому неудивительно, что его попросили прочитать бакерианскую лекцию перед этим ученым органом в первый же год после его приезда в Лондон. Лекция была прочитана 12 ноября 1801 года. Предметом ее была "Теория света и цветов", и ее прочтение знаменует эпоху в физической науке; ибо здесь впервые было представлено убедительное доказательство той волновой теории света, с которой знаком каждый изучающий современную физику, — теории, согласно которой свет - это не материальная сущность, а простая пульсация в субстанции всепроникающего эфира, точно так же, как звук - это пульсация в воздухе, жидкостях или твердых телах.

Янг, действительно, раньше отстаивал эту теорию, но только в 1801 году ему пришла в голову идея, которая позволила ему воплотить ее во что-то, приближающееся к демонстрации. Именно во время размышлений над знакомым, но загадочным феноменом цветных колец, на которые распадается белый свет при отражении от тонких пленок — так называемых колец Ньютона, — ему пришло в голову объяснение, которое сразу поставило всю волновую теорию на новую основу. С той пронизательностью, которую мы называем гениальностью, он внезапно увидел, что явления можно объяснить, предположив, что, когда лучи света падают на тонкое стекло, часть лучей отражается от верхней поверхности, а другие лучи, отраженные от нижней поверхности, могут настолько замедляться в своем прохождении через стекло, что два набора лучей будут интерферировать друг с другом, прямая пульсация одного луча соответствует обратной пульсации другого, таким образом, эффект полностью нейтрализуется. Если бы некоторые составляющие пульсации света были таким образом стерты из-за взаимной интерференции, остальные лучи больше не давали бы оптического эффекта белого света; отсюда и загадочные цвета.

Вот изложение Янгом этого предмета:

Из цветов Тонких Пластинок

"Когда луч света падает на две преломляющие поверхности, частичные отражения полностью совпадают по направлению; и в этом случае интервал замедления, взятый между

поверхностями, по отношению к их радиусу равен удвоенному косинусу угла преломления по отношению к радиусу.

"Пусть среда между поверхностями будет более разреженной, чем окружающие среды; тогда импульс, отраженный от второй поверхности, встречая последующее колебание на первой, сделает частицы более разреженной среды способными полностью остановить движение более плотной и уничтожить отражение, в то время как сами они будут двигаться сильнее, чем если бы находились в состоянии покоя, и пропускаемый свет будет увеличен. Так что цвета при отражении будут уничтожены, а цвета при пропускании станут более яркими, когда двойная толщина или интервалы замедления будут кратны всей ширине волнистости; и при промежуточных толщинах эффекты будут обратными в соответствии с ньютоновским наблюдением.

"Если будет обнаружено, что те же пропорции справедливы по отношению к тонким пластинам из более плотной среды, что, действительно, не является невероятным, необходимо будет принять связанные демонстрации, приведенные в пункте IV, но, во всяком случае, если тонкую пластину поместить между более разреженной и более плотной средой, можно ожидать, что цвета за счет отражения и пропускания поменяются местами".

ИЗ ЦВЕТОВ ТОЛСТЫХ ПЛАСТИН

"Когда луч света проходит через преломляющую поверхность, особенно если она неидеально отполирована, часть его рассеивается неравномерно, и поверхность становится видимой во всех направлениях, но наиболее заметно - в направлениях, недалеких от направления самого света; и если отражающая поверхность расположена параллельно преломляющей поверхности, этот рассеянный свет, а также основной луч будут отражаться, и также произойдет новое рассеяние света при возвращении луча через преломляющую поверхность. Эти две порции рассеянного света будут совпадать по направлению; и если поверхности будут иметь такую форму, чтобы собирать сходные эффекты, то будут видны кольца цветов. Интервал замедления здесь представляет собой разницу между траекториями основного луча и рассеянного света между двумя поверхностями; конечно, везде, где наклон рассеянного света равен наклону луча, хотя и в разных плоскостях, интервал будет исчезать, и все колебания будут совпадать. При других наклонах интервал будет представлять собой разницу секущих от секущей наклона, или угла преломления основного луча. Из этих причин все цвета вогнутых зеркал, наблюдаемые Ньютоном и другими, являются необходимыми следствиями; и оказывается, что их производство, хотя и в чем-то схожее, ни в коем случае не является таким, каким представлял себе Ньютон, идентичным производству тонких пластин".(2)

Следуя этой цепочке с математической точностью, измеряя точную толщину пластины и расстояние между различными цветовыми кольцами, Янг смог математически показать, какой должна быть продолжительность пульсации для каждого из различных цветов спектра. Он подсчитал, что колебания красного света на крайнем нижнем конце видимого спектра должны составлять около тридцати семи тысяч шестисот сорока колебаний на дюйм и проходить через любое данное место со скоростью четыреста шестьдесят три миллиона колебаний в секунду, в то время как крайне фиолетовый составляет пятьдесят девять тысяч семьсот пятьдесят колебаний на дюйм, или семьсот тридцать пять миллионов миллионов колебаний в секунду.

Цвета полосатых поверхностей

Янг аналогичным образом исследовал цвета, которые образуются в результате царапин на гладкой поверхности, в частности, тестируя свет от "изысканных микрометров мистера Ковентри", которые состоят из линий, нацарапанных на стекле с отмеренными интервалами. Эти микроскопические тесты принесли те же результаты, что и другие эксперименты. Цвета создавались под определенными и измеримыми углами, и теория интерференции колебаний прекрасно объясняла их, в то время как, как с уверенностью утверждал Янг, никакая другая гипотеза, выдвинутая до сих пор, вообще не могла бы их объяснить. Вот его слова:

"Пусть в данной плоскости имеются две отражающие точки, расположенные очень близко друг к другу, и пусть плоскость расположена так, что отраженное изображение светящегося объекта, видимого в ней, может казаться совпадающим с точками; тогда очевидно, что длина падающего и отраженного лучей, взятых вместе, равна относительно обеих точек, учитывая, что они способны отражать во всех направлениях. Пусть теперь одна из точек будет вдавлена ниже заданной плоскости; тогда весь путь отраженного от нее света будет удлиннен линией, которая к углублению точки равна удвоенному косинусу падения к радиусу.

Следовательно, если равные колебания заданных размеров отражаются от двух точек, расположенных достаточно близко, чтобы казаться глазу не чем иным, как одним целым, то всякий раз, когда эта линия равна половине ширины целого колебания, отражение от вдавленной точки будет настолько мешать отражению от неподвижной точки, что поступательное движение одной совпадет с обратным движением другой, и они обе будут уничтожены; но когда эта линия равна всей ширине колебания, эффект будет удвоен, а когда достигнет полутора, снова уничтожен; и, таким образом, для значительного числа чередований и если отраженные колебания будут разного рода, они будут по-разному воздействовать в соответствии с их соотношением с различной длиной линии, которая представляет собой разницу между длинами их двух путей и которая может быть обозначена интервалом замедления.

"Для того, чтобы эффект был более заметным, некоторое количество пар точек должно быть объединено в две параллельные линии; и если несколько таких пар линий расположить рядом друг с другом, это облегчит наблюдение. Если заставить одну из линий вращаться вокруг другой в качестве оси, углубление под данной плоскостью будет равно синусу наклона; и пока глаз и светящийся объект остаются неподвижными, разница в длине траекторий будет изменяться по этому синусу.

"Наилучшими объектами для эксперимента являются изысканные микрометры мистера Ковентри; те из них, которые состоят из параллельных линий, прочерченных на стекле на расстоянии одной пятисотой дюйма, являются наиболее удобными. Под микроскопом кажется, что каждая из этих линий состоит из двух или более более тонких линий, точно параллельных и расположенных на расстоянии чуть более чем в двадцать раз больше, чем соседние линии. Я поместил одну из них так, чтобы она отражала солнечный свет под углом в сорок пять градусов, и закрепил ее таким образом, что, пока она вращалась вокруг одной из линий в качестве оси, я мог измерить ее угловое движение; я обнаружил, что самый длинный красный цвет появлялся при наклоне $10\frac{1}{4}$ градуса, $20\frac{3}{4}$ градуса, 32 градуса и 45 градусов, синусы которых соответствуют числам 1, 2, 3 и 4. Также и под всеми другими углами, когда солнечный свет отражался от поверхности, цвет исчезал с изменением наклона и оставался одинаковым при равных наклонах с обеих сторон.

Этот эксперимент дает очень убедительное подтверждение теории. Невозможно вывести какое-либо объяснение этому из какой-либо выдвинутой до сих пор гипотезы; и я полагаю, было бы трудно изобрести какую-либо другую, которая объясняла бы это. Существует поразительная аналогия между этим разделением цветов и воспроизведением музыкальной ноты последовательным эхом от равноудаленных железных частоколов, которое, как я обнаружил, довольно точно соответствует известной скорости звука и расстояниям между поверхностями.

"Не исключено, что цвета покровов некоторых насекомых и некоторых других природных тел, проявляющие при различном освещении самую прекрасную многогранность, могут соответствовать этому описанию, а не быть получены от тонких пластинок. В некоторых случаях одиночная царапина или борозда могут производить аналогичные эффекты за счет отражения их противоположных краев".(3)

Эта доктрина интерференции колебаний была абсолютно новой частью теории Юнга. Всеобъемлющий гений Роберта Гука, действительно, был очень близок к постижению этого более века назад, как указывает сам Янг, но никто другой даже смутно не представлял себе этого; и даже у проницательного Гука это была всего лишь счастливая догадка, никогда отчетливо не обрисованная в его собственном сознании и полностью игнорируемая всеми остальными. Янг не знал о догадке Гука до тех пор, пока сам полностью не сформулировал теорию, но тогда он поспешил воздать своему предшественнику все почести, которые, возможно, были бы признаны ему по заслугам самым незаинтересованным наблюдателем. Современнику Гука, Гюйгенсу, который был создателем общей доктрины волнообразности как объяснении света, Янг также отдает полную справедливость. Что касается его самого, то он претендует только на то, что продемонстрировал теорию, которую эти и несколько других его предшественников отстаивали без полных доказательств.

В следующем году доктор Янг подробно рассказал Королевскому обществу о других экспериментах, которые пролили дополнительный свет на доктрину вмешательства; а в 1803 году он привел еще другие, которые, как он утверждал, довели доктрину до полной демонстрации. Применяя эту демонстрацию к общей теории света, он выдвинул поразительное предположение, что "светоносный эфир проникает в субстанцию всех материальных тел практически без сопротивления, возможно, так же свободно, как ветер гуляет по роще деревьев". Он также утверждал свою веру в то, что химические лучи, которые Риттер открыл за фиолетовым концом видимого спектра, представляют собой лишь еще более быстрые колебания того же характера, что и те, которые производят свет. В своей предыдущей лекции он подтвердил аналогичное сродство между световыми лучами и лучами лучистого тепла, которые Гершель обнаружил ниже красного конца спектра, предположив, что "свет отличается от тепла только частотой его колебаний - тех колебаний, которые находятся в определенных пределах относительно частоты, воздействующей на зрительный нерв и составляющей свет, и тех, которые медленнее и, вероятно, сильнее, составляющих только тепло". С самого начала он осознал сходство между звуком и светом; более того, именно это сходство привело его к пониманию волновой теории света.

Но в то время как все эти сходства казались такими очевидными великому координирующему мозгу Янга, они не производили такого впечатления на умы его современников. Нематериальность света была в значительной степени продемонстрирована, но практически никто, кроме ее автора, не принял эту демонстрацию. Доктрина Ньютона об испускании

корпускул была слишком прочно укоренившейся, чтобы от нее можно было легко отказаться, а у доктора Янга было слишком много других интересов, чтобы продолжать непрестанную атаку. Время от времени он писал что-нибудь, касающееся его теории, в основном статьи для Quarterly Review и подобных периодических изданий, анонимно или под псевдонимом, поскольку у него возникла идея, что слишком большая заметность в областях, не связанных с медициной, повредит его врачебной практике. Его взгляды на свет (включая оригинальные статьи из Philosophical Transactions Королевского общества) были снова полностью обнародованы в его знаменитом томе по натурфилософии, состоящем из части его лекций перед Королевским институтом, опубликованных в 1807 году; но даже тогда они не смогли убедить философский мир. На самом деле, они даже не вызвали духа полемики, как это было в его первых статьях.

АРАГО И ФРЕНЕЛЬ ОТСТАИВАЮТ ВОЛНОВУЮ ТЕОРИЮ

Так случилось, что когда в 1815 году молодой французский военный инженер по имени Огюстен Жан Френель, вернувшись с наполеоновских войн, заинтересовался феноменом света и провел несколько экспериментов, касающихся дифракции, которые, как ему казалось, противоречили общепринятым представлениям о материальности света, он совершенно не подозревал, что его эксперименты были предвосхищены философом по ту сторону Ла-Манша. Он сообщил о своих экспериментах и результатах Французскому институту, полагая, что они абсолютно новы. Этот орган направил их в комитет, главным членом которого, по счастливой случайности, был Доминик Франсуа Араго, человек столь же разносторонний, как и сам Янг, и едва ли менее глубокий, если, возможно, не столь оригинальный. Араго сразу же признал достоинства работы Френеля и вскоре стал сторонником этой теории. Он сказал Френелю, что Янг предвосхитил его в отношении общей теории, но многое еще предстоит сделать, и он предложил присоединиться к Френелю в проведении расследования. Френель был немало потрясен, узнав, что его оригинальные идеи были разработаны кем-то другим, пока он был мальчиком, но он изящно смирился с ситуацией и продолжал продвигаться вперед с неослабевающим рвением.

Победа Араго обеспечила волновой теории слушание во Французском институте, но ни в коем случае не привела к ее всеобщему признанию. Напротив, завязалась ожесточенная вражда, в которой Араго противостояли "юпитер Олимпа Академии" Лаплас, единственный менее известный Пуассон и более молодой, но едва ли менее способный Био. Вражда была настолько ожесточенной, что дружба между Араго и Био, длившаяся всю жизнь, была разорвана навсегда. Оппозиции удалось отсрочить публикацию работ Френеля, но Араго продолжал бороться со своим обычным энтузиазмом и упорством, и, наконец, в 1823 году Академия уступила и приняла Френеля в свои ряды, тем самым косвенно признав ценность его работы.

Унизительна мысль, что подобные споры должны препятствовать продвижению научной истины; но, к счастью, история введения волновой теории имеет более приятную сторону. Три человека, великие как по характеру, так и по интеллекту, были заинтересованы в том, чтобы выдвинуть свои претензии — Янг, Френель и Араго, — и отношения этих людей образуют картину, не омраченную ни одной из тех мелких завистей, которые так часто затмевают блеск великих имен. Френель открыто признал приоритет Юнга, как только к нему было привлечено его внимание; и Янг приветствовал работу француза и поддержал его советом в применении волновой теории к проблемам поляризации света, которые все еще требовали объяснения и для решения которых в конце концов хватило изобилия экспериментальных ресурсов Френеля и глубины математического понимания.

После поступления Френеля в Институт в 1823 году оппозиция ослабла, и постепенно философы пришли к осознанию достоинств теории, на которую Янг тщетно привлекал их внимание целых четверть века назад. Теперь, во многом благодаря Араго, и Янг, и Френель получили полную оценку. Френель был награжден медалью Румфорда Английского королевского общества в 1825 году и избран одним из иностранных членов общества два года спустя, в то время как Янг, в свою очередь, был избран одним из восьми иностранных членов Французской академии. Как достойная кульминация главы о счастье трех друзей, на долю Янга, как министра иностранных дел Королевского общества, выпало уведомить Френеля о почестях, оказанных ему представительным собранием ученых Англии; в то время как Араго, как бессменный секретарь Французского института, в том же году передал Янгу уведомление о том, что он был удостоен аналогичной чести от ученых Франции.

Через несколько месяцев Френель умер, и Янг пережил его всего на два года. Оба умерли преждевременно, но их великая работа была выполнена, и мир всегда будет помнить и связывать воедино эти два имени в связи с теорией, которая по своим последствиям и важности стоит немногим ниже теории всемирного тяготения.

VII. СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И МАГНЕТИЗМА

ГАЛЬВАНИ И ВОЛЬТА

Вся важность исследований Юнга о свете, возможно, получила бы признание раньше, если бы не случилось так, что в то время, когда они были сделаны, внимание философского мира было обращено с пристальностью и очарованием гипнотического взгляда на другую область, которая какое-то время не терпела соперников. Как могло старое, знакомое явление, свет, заинтересовать кого-либо, когда на виду был новый агент, гальванизм? С таким же успехом попросите кого-нибудь сосредоточить внимание на звезде, пока метеорит пронесется по небу.

Гальванизм был назван именно так, как позже окрестили рентгеновские лучи, — как безопасное средство снять вопрос о природе связанных с ним явлений. Первым фактом в области гальванизма стало открытие Луиджи Гальвани (1737-1798), врача из Болоньи, в 1791 году, что при контакте металлов с нервами лапки лягушки возникают сильные мышечные сокращения. Поскольку этот простой небольшой эксперимент в конечном итоге привел к открытию гальванического электричества и изобретению гальванической батареи, его можно рассматривать как начало современного электричества.

Рассказывают, что Гальвани пришел к своему открытию, когда готовил лягушачьи лапки для приготовления бульона для своей жены-инвалида. Как гласит история, он снял шкурку с нескольких лягушачьих лапок, когда случайно прикоснулся к обнаженным мышцам скальпелем, который лежал в непосредственной близости от электрической машины, и произошло сильное мышечное воздействие. Впечатленный этим феноменом, он начал серию экспериментов,

которые в конце концов привели к его великому открытию. Но независимо от того, достоверна эта история или нет, несомненно, что Гальвани в течение нескольких лет экспериментировал с лапками лягушек, подвешенными на проволоках и крючках, пока, наконец, не сконструировал свою дугу из двух разных металлов, которые, будучи расположены так, что одна соприкасается с нервом, а другая - с мышцей, вызывали сильные сокращения.

Эти два куска металла образуют основной принцип современной гальванической батареи и непосредственно привели Алессандро Вольта к изобретению его "вольтовой батареи", непосредственного предка современной гальванической батареи. Эксперименты Вольты проводились в то же время, что и эксперименты Гальвани, и его изобретение электрической батареи последовало непосредственно за открытием Гальвани новой формы электричества. Исходя из этих фактов, новую форму электричества иногда называли "гальваническим", а иногда "вольтовым" электричеством, но в последние годы термины "гальванизм" и "гальванический ток" почти полностью вытеснили использование термина "вольтаический".

Именно Вольта представил отчет о замечательном открытии Гальвани Лондонскому королевскому обществу, зачитанный 31 января 1793 года. В этом письме он подробно описывает эксперименты Гальвани и с восторгом отзываясь о них. Он называет это одним из "самых красивых и важных открытий" и рассматривает его как зародыш или фундамент, на котором должны были быть сделаны другие открытия. Предсказание оказалось полностью верным, и сам Вольта был главным первооткрывателем.

Работая в соответствии с принципами, предложенными открытием Гальвани, Вольта сконструировал устройство, состоящее из нескольких дисков из двух различных видов металла, таких как олово и серебро, расположенных попеременно, причем между каждой парой дисков был вставлен кусок какого-либо влажного, пористого вещества, например бумаги или войлока. С помощью этой "кучи", как ее называли, вырабатывалось электричество, и, соединив вместе несколько таких кучи, можно было сформировать электрическую батарею.

Это изобретение взяло мир штурмом. Ничего подобного энтузиазму, который оно вызвало в мире философии, не было известно со времен изобретения лейденской банки, более полувека назад. В течение нескольких недель после заявления Вольты во всех важных лабораториях Европы проводились эксперименты с батареями, изготовленными в соответствии с его планом.

К концу столетия половина философского мира размышляла о том, является ли "гальваническое воздействие" новым неуловимым явлением или всего лишь формой электричества; а другая половина с нетерпением стремилась узнать, какие новые чудеса может открыть батарея. Человек с наименьшим воображением мог бы увидеть, что это изобретение станет эпохальным, но самый дальновидный мечтатель не смог бы даже смутно представить реальную меру его важности.

Сразу стало очевидно, что почти любая форма гальванической батареи, несмотря на недостатки, была более подходящим инструментом для выработки электроэнергии, чем использовавшаяся до сих пор машина трения, преимущество которой заключалось в том, что током от гальванической батареи можно было управлять практически по желанию, а само устройство было недорогим и требовало сравнительно небольшого внимания. Эти преимущества вскоре стали очевидны благодаря практическому применению электрического тока в нескольких областях.

Следует напомнить, что, несмотря на энергичные усилия таких философов, как Уотсон, Франклин, Гальвани и многих других, область практического применения электричества в конце XVIII века была очень ограниченной. Конечно, громоотвод вошел во всеобщее употребление, и его ценность как изобретения трудно переоценить. Но хотя он был результатом обширных открытий в области электротехники и является наиболее практичным инструментом, его вряд ли можно назвать инструментом, который находит практическое применение электричеству, а просто действует как средство предотвращения пагубных последствий естественного проявления электричества. Изобретение, однако, имело все эффекты механизма, который применил электричество на практике. Но с появлением нового вида электричества началась эпоха практического применения.

ДЭВИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СВЕТ

Объявлению Вольты о своей покупке едва исполнилось два месяца, когда два англичанина, господина Дж. Николсон и Карлайл сделали открытие, что ток от гальванической батареи оказывает определенное воздействие на определенные химические вещества, среди прочего разлагая воду на ее элементы, водород и кислород. 7 мая 1800 года эти исследователи соединили концы двух латунных проводов с полюсами вольтовой батареи, состоящей из чередующихся серебряных и цинковых пластин, так что ток, исходящий от батареи, пропускаться через небольшое количество "воды из Новой реки". "Тонкая струйка мельчайших пузырьков немедленно начала вытекать из кончика нижней проволоки в трубке, которая соединялась с серебром, - писал Николсон, - а противоположный кончик верхней проволоки потускнел, став сначала темно-оранжевым, а затем черным..." Образование газа за два с половиной часа составило две трети кубического дюйма. "Затем его смешали с равным количеством обычного воздуха, - продолжает Николсон, - и взорвали с помощью подожженной восковой нити".

Эта демонстрация положила начало очень важной науке электрохимии.

Важность этого открытия была сразу же признана сэром Хамфри Дэви, который немедленно начал экспериментировать в этой новой области. Он сконструировал серию батареек в различных комбинациях, с помощью которых воздействовал на "неподвижные щелочи", состав которых тогда был неизвестен. Очень скоро он смог разложить поташ на яркие металлические шарики, напоминающие ртуть. Это новое вещество он назвал "калий". Затем в быстрой последовательности были выделены элементарные вещества натрия, кальция, стронция и магния.

Вскоре также было обнаружено, что новое электричество, как и старое, при определенных условиях обладает способностью нагревать даже куски проволоки. Это наблюдение, вероятно, впервые было сделано Фроммсдорфом, но оно было доработано Дэви, который сконструировал батарею из двух тысяч элементов, с помощью которых он производил яркий свет от угольных точек — прототип современной дуговой лампы. Он продемонстрировал это перед членами Королевского института в 1810 году. Но практическая полезность такого источника света для целей освещения все еще оставалась делом будущего. Затраты на изготовление и обслуживание такой сложной батареи и быстрое внутреннее разрушение ее пластин, а также постоянная поляризация сделали невозможным ее использование в практическом освещении. Только после того, как был открыт другой метод выработки электроэнергии, демонстрацию Дэви удалось применить на практике.

В собственном отчете Дэви о своем эксперименте он говорит:

"Когда кусочки древесного угля длиной около дюйма и диаметром в одну шестую дюйма подносили близко друг к другу (в пределах тридцатой или сороковой доли дюйма), получалась яркая искра, и более половины объема древесного угля воспламенялось до белизны; и, отводя кончики друг от друга, происходил постоянный разряд через нагретый воздух на пространстве, равном по меньшей мере четырем дюймам, создавая ярчайшую восходящую дугу света, широкую и конической формы посередине. Когда в эту арку вводили какое-либо вещество, она мгновенно воспламенялась; платина плавилась в ней так же легко, как воск в обычной свече; кварц, сапфир, магнезия, известь - все вступало в плавление; осколки алмаза и кусочки древесного угля и свинца, казалось, испарялись в ней, даже когда соединение производилось в приемнике воздушного насоса; но не было никаких свидетельств того, что они ранее подвергались плавлению. Когда связь между точками, положительно и отрицательно наэлектризованными, осуществлялась в разреженном воздухе в приемнике воздушного насоса, расстояние, на которое происходил разряд, увеличивалось по мере разрядки; и когда атмосфера в сосуде содержала всего одну четвертую дюйма ртутного столба в барометрическом приборе, искры проходили через пространство почти в полдюйма; и, при удалении точек друг от друга, разряд производился через шесть или семь дюймов, производя ярчайшее свечение фиолетового света; древесный уголь сильно воспламенился, и к нему была прикреплена какая-то платиновая проволока. чтобы он сливался с яркими искорками и падал крупными шариками на пластину насоса. Все явления химического разложения были вызваны этой комбинацией с поразительной быстротой".(1)

Но этот эксперимент продемонстрировал еще кое-что, помимо возможности получения электрического света и химического разложения, а именно мощность нагрева, которую может производить электрический ток. Таким образом, эксперимент Дэви по плавлению веществ заложил основусовременных электрических печей, которые имеют первостепенное значение в нескольких крупных отраслях промышленности.

Хотя некоторые результаты, полученные с батареями Дэви, были практически такими же удовлетворительными, какие можно было бы получить с современными элементарными батареями, сами батареи были далеко не удовлетворительными. Они были дорогими, требовали постоянного ухода и внимания и, что было более важно, по крайней мере, с экспериментальной точки зрения, не были постоянными в своем действии, за исключением очень ограниченного периода времени, когда ток вскоре "иссякал". Поэтому многочисленные экспериментаторы приступили к разработке удовлетворительного аккумулятора, и когда в 1836 году Джон Фредерик Дэниэлл изготовил элемент, носящий его имя, его изобретение стало эпохальным в истории электрического прогресса. Королевское общество сочло это достаточно важным, чтобы наградить изобретателя медалью Копли, чье устройство является непосредственным предшественником всех современных гальванических элементов. Со времени появления ячейки Даниэля эксперименты с электричеством стали сравнительно простыми. Тем временем, однако, было сделано еще одно великое открытие.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

В течение многих лет росло подозрение, доходившее во многих случаях до веры в тесную связь, существующую между электричеством и магнетизмом. Однако до зимы 1815 года это было предположение, но не доказанное. Но в том году Жану Кристиану Эрстеду из Дании пришлось в

голову пропустить электрический ток через провод, проведенный параллельно, но не совсем соприкасающийся с подвешенной магнитной стрелкой. Игла мгновенно отклонилась и вышла из своего положения.

"Первые эксперименты в связи с предметом, который я берусь объяснить, - писал Эрстед, - были проведены во время курса лекций по электричеству и магнетизму, который я читал прошлой зимой. Из этих экспериментов выяснилось, что магнитную стрелку можно сдвинуть с места с помощью гальванической батареи — батареи с замкнутой гальванической цепью. Однако, поскольку эти эксперименты проводились с аппаратом небольшой мощности, я решил повторить и усилить их с помощью большой гальванической батареи.

Предположим, что два противоположных конца гальванического устройства соединены металлической проволокой. Для краткости я всегда буду называть это проводником. Поместите прямолинейный отрезок этого проводника в горизонтальное положение над обычной магнитной стрелкой так, чтобы он был параллелен ей. Магнитная стрелка придет в движение и будет отклоняться к западу под той частью проводника, которая идет от отрицательного полюса гальванической батареи. Если проволока находится на расстоянии не более четырех пятых дюйма от середины этой иглы, это отклонение составит около сорока пяти градусов. На большем расстоянии угол отклонения становится меньше. Кроме того, отклонение варьируется в зависимости от мощности аккумулятора. Проводник можно перемещать на восток или запад до тех пор, пока он остается параллельным игле, без какого-либо другого результата, кроме уменьшения отклонения.

"Проводник может состоять из нескольких объединенных проводов или металлических катушек. Природа металла не влияет на результат, за исключением, возможно, увеличения или уменьшения его. Мы использовали проволоку из платины, золота, серебра, латуни и железа, а также катушки из свинца, олова и ртути с тем же результатом. Если проводник прерывается водой, весь эффект не прекращается, за исключением случаев, когда длина участка воды составляет несколько дюймов.

"Проводник воздействует на магнитную стрелку через стекло, металлы, дерево, воду и смолу, через глиняные сосуды и через камень, поскольку, когда мы помещали стеклянную пластину, металлическую пластину или доску между проводником и иглой, эффект не уменьшался; даже все три вместе, казалось, едва ли ослабляли эффект, и то же самое происходило с глиняным сосудом, даже когда он был полон воды. Наши эксперименты также показали, что указанные эффекты не изменились, когда мы использовали магнитную стрелку, которая находилась в латунном футляре, наполненном водой.

"Когда проводник помещается в горизонтальной плоскости под магнитной стрелкой, все описанные нами эффекты происходят точно так же, но в направлении, противоположном тому, что происходило, когда проводник находился в горизонтальной плоскости над стрелкой.

"Если проводник перемещают в горизонтальной плоскости так, что он постепенно составляет все возрастающие углы с магнитным меридианом, отклонение магнитной стрелки от магнитного меридиана увеличивается, когда провод поворачивают к месту расположения стрелки; с другой стороны, оно уменьшается, когда его отворачивают от этого места.

"Латунная игла, подвешенная таким же образом, как магнитная стрелка, не приводится в движение под воздействием проводника. Игла из стекла или резины также остается

неподвижной при аналогичных экспериментах. Следовательно, электрический проводник воздействует только на магнитные части вещества. То, что электрический ток не ограничивается проводящим проводом, а сравнительно широко распространяется в окружающем пространстве, в достаточной степени продемонстрировано предыдущими наблюдениями".(2)

Эффект демонстрации Эрстеда почти непостижим. С ее помощью была показана тесная взаимосвязь между магнетизмом и электричеством. Это показало путь к становлению науки электродинамики; хотя на самом деле наука была создана французским ученым Андре Мари Ампером (1775-1836), и это в течение одной недели после того, как Эрстед услышал об эксперименте по отклонению иглы. Ампер впервые получил известие об эксперименте Эрстеда 11 сентября 1820 года, а 18 числа того же месяца он объявил Академии фундаментальные принципы науки электродинамики - семь дней быстрого прогресса, возможно, не имеющего аналогов в истории науки.

Выдающийся соотечественник Ампера, Араго, несколько месяцев спустя внес последние штрихи в открытия Эрстеда и Ампера, убедительно продемонстрировав, что электричество не только воздействует на магнит, но и фактически создает магнетизм при соответствующих обстоятельствах — дополнительный факт, наиболее важный в практической механике.

Примерно через четыре года после открытия Араго Стерджен изготовил первый "электромагнит", намотав на сердечник из мягкого железа проволоку, по которой пропусклся электрический ток. Этим исследованием электромагнитов занялся профессор Джозеф Генри из Олбани, штат Нью-Йорк, который преуспел в изготовлении магнитов огромной подъемной силы, намотав на железный сердечник несколько мотков проволоки. Один из таких магнитов, возбуждаемый одним гальваническим элементом площадью менее половины квадратного фута и содержащий всего полпинты разбавленных кислот, выдерживал вес в шестьсот пятьдесят фунтов.

Таким образом, великим открытием Эрстеда о тесной взаимосвязи магнетизма и электричества, дальнейшими разработками и открытиями Ампера, Вольты и Генри, а также изобретением ячейки Даниэля был проложен путь к практическому использованию электричества. Вскоре последовало изобретение и совершенствование электромагнитного телеграфа и множества других, но чуть менее важных устройств.

ФАРАДЕЙ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

С появлением этих великих открытий и изобретений электричество перестало быть игрушкой или "забавой для философов", оно приобрело огромное и растущее значение в коммерческом плане. Тем не менее, электричество, вырабатываемое химическим воздействием, даже в очень совершенной ячейке, было одновременно слабым и дорогим, и, к тому же, применимо только в сравнительно ограниченной области. Еще одно важное научное открытие было необходимо, прежде чем стали возможными такие вещи, как электрическая тяга и электрическое освещение в больших масштабах; но вскоре это открытие было сделано сэром Майклом Фарадеем.

Фарадей, сын кузнеца и переплетчика по профессии, заинтересовал сэра Хамфри Дэви своими замечательными заметками к четырем лекциям Дэви, которые ему удалось посетить. Несмотря на совет великого ученого "придерживаться своего переплетного дела", а не заниматься наукой, Фарадей в двадцать два года стал ассистентом Дэви в Королевском институте. Там в

течение нескольких лет он посвящал все свои свободные часы научным исследованиям и экспериментам, совершенствуясь в научной технике.

Несколько лет спустя он, как и все ученые того времени, заинтересовался экспериментом Араго по вращению медного диска под подвешенной стрелкой компаса. Когда этот диск быстро вращался, игла отклонялась или даже вращалась вокруг своей оси совершенно необъяснимым образом. Фарадей сразу же пришел к мысли, что причиной этого вращения было электричество, индуцируемое вращающимся диском, — и не только пришел к этой мысли, но и изложил свою веру в письменном виде. Однако в течение нескольких лет он не мог продемонстрировать истинность своего предположения, хотя и проводил неоднократные эксперименты, чтобы доказать это. Но в 1831 году он начал серию экспериментов, которые навсегда установили факт электромагнитной индукции.

В своей знаменитой статье, прочитанной перед Королевским обществом в 1831 году, Фарадей описывает метод, с помощью которого он впервые продемонстрировал электромагнитную индукцию, а затем объяснил явление вращающегося диска Араго.

"Около двадцати шести футов медной проволоки диаметром в одну двадцатую дюйма были намотаны вокруг деревянного цилиндра в виде спирали, - сказал он, - разные концы которой не соприкасались из-за тонкой бечевки. Эта спираль была покрыта бязью, а затем таким же образом была нанесена вторая проволока. Таким образом, были "наложены друг на друга двенадцать спиралей, каждая из которых содержала проволоку средней длины в двадцать семь футов, и все в одном направлении. Первая, третья, пятая, седьмая, девятая и одиннадцатая из этих спиралей были соединены на своих концах встык, образуя одну спираль; остальные были соединены аналогичным образом; и таким образом были получены две основные спирали, расположенные близко друг к другу, имеющие одинаковое направление, нигде не соприкасающиеся, и каждая содержала проволоку длиной сто пятьдесят пять футов.

Одна из этих спиралей была соединена с гальванометром, другая - с гальванической батареей из десяти пар пластин площадью четыре квадратных дюйма, с двойными медяками и хорошо заряженной; однако нельзя было заметить ни малейшего заметного отклонения стрелки гальванометра.

"Была сконструирована аналогичная составная спираль, состоящая из шести отрезков медной и шести - мягкой железной проволоки. Получившаяся железная спираль имела длину двести восемь футов; но независимо от того, проходил ли ток из желоба через медную или железную спираль, гальванометр не мог определить никакого влияния на другую.

"В этих и многих подобных экспериментах не было обнаружено никакой разницы в действии железа и других металлов.

"Двести три фута медной проволоки одной длины были пропущены вокруг большого куска дерева; другие двести три фута такой же проволоки были проложены в виде спирали между витками первой, и металлический контакт повсюду предотвращался бечевкой. Одна из этих спиралей была соединена с гальванометром, а другая - с батареей из ста пар пластин площадью четыре квадратных дюйма, с двойными медяками и хорошо заряженной. Когда контакт был установлен, произошел внезапный и очень незначительный эффект на гальванометре, и такой же незначительный эффект наблюдался также при разрыве контакта с батареей. Но пока электрический ток продолжал проходить по одной спирали, никаких

гальванометрических проявлений какого-либо эффекта, подобного индукции, на другой спирали не наблюдалось, хотя активная мощность батареи была доказана большим нагревом всей ее собственной спирали и яркостью разряда, производимого через древесный уголь.

Повторение экспериментов с батареей из ста двадцати пар пластин не дало никаких других результатов; но было установлено, как в это, так и в предыдущее время, что небольшое отклонение иглы, происходящее в момент завершения соединения, всегда происходило в одном направлении, и что столь же небольшое отклонение, возникающее при разрыве контакта, происходило в другом направлении; а также, что эти эффекты имели место при использовании первых спиралей.

Результаты, которые я к этому времени получил с помощью магнитов, привели меня к выводу, что ток батареи по одному проводу в действительности вызывал аналогичный ток по другому проводу, но он продолжался лишь мгновение и в большей степени напоминал электрическую волну, прошедшую от удара обычной лейденской банки, чем от гальванической батареи, и, следовательно, мог намагнитить стальную иглу, хотя это почти не влияло на гальванометр.

Это ожидание подтвердилось; поскольку при замене гальванометра небольшой поллой спиралью, образованной вокруг стеклянной трубки, введении стальной иглы, установлении контакта, как и прежде, между батареей и индукционным проводом, а затем удалении иглы до разрыва контакта с батареей было обнаружено, что она намагничена.

"Когда был впервые установлен контакт с батареей, затем введена немагнитная игла и, наконец, контакт с батареей разорван, было обнаружено, что игла намагничена в той же степени, что и первая; но полюса были противоположного типа".(3)

Для Фарадея эти эксперименты объяснили феномен вращающегося диска Араго, который индуцирует ток от магнита и, реагируя, отклоняет стрелку. Чтобы доказать это, он сконструировал диск, который вращался между полюсами электромагнита, соединяя ось и край диска с помощью гальванометра".... "Медный диск диаметром двенадцать дюймов, закрепленный на латунной оси, - говорит он, - был установлен в рамках таким образом, чтобы вращаться вертикально или горизонтально, при этом его край был более или менее введен между магнитными полюсами. Край пластины был хорошо обработан с целью получения хорошего, но подвижного контакта; аналогичным образом была подготовлена деталь вокруг оси.

"Проводники или коллекторы из меди и свинца были сконструированы таким образом, чтобы соприкасаться с краем медного диска или с пластинами других форм, которые будут описаны ниже. Эти проводники имеют около четырех дюймов в длину, треть дюйма в ширину и пятую часть дюйма в толщину; один конец каждого был слегка рифлен, чтобы обеспечить более точную подгонку к несколько выпуклому краю пластин, а затем соединен. Медные провода толщиной в одну шестнадцатую дюйма, прикрепленные обычным способом с помощью витков к другим концам этих проводников, подводились к гальванометру.

После всех этих приготовлений медный диск был отрегулирован таким образом, чтобы маленькие магнитные полюса находились примерно в полудюйме друг от друга, а край пластины был вставлен между ними примерно на половину их ширины. Один из проводов гальванометра был дважды или трижды свободно пропущен вокруг латунной оси пластины, а другой прикреплен к проводнику, который сам по себе удерживался рукой в контакте с

амальгмированным краем диска в части непосредственно между магнитными полюсами. При этих обстоятельствах все было неподвижно, и гальванометр не показывал никакого эффекта. Но в тот момент, когда пластина двигалась, на гальванометр оказывалось воздействие, и при быстром вращении пластины стрелка могла отклоняться на девяносто градусов или более".(4)

Этот вращающийся диск на самом деле был динамо-машиной в миниатюре, первой в истории, но прямыми потомками которой являются обычные динамо-машины. Мощность современных динамо-машин варьируется от маленьких машин, приводящих в действие механизмы, требующие лишь долей лошадиной силы, до огромных динамо-машин, приводящих в действие линии уличных трамваев и освещающих города; но все они построены по тому же принципу, что и вращающийся диск Фарадея. Благодаря этому открытию стало возможным использование электричества в качестве практической и экономичной движущей силы.

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

Когда открытия Фарадея в области электромагнитной индукции сделали возможными средства легкой выработки электроэнергии, следующим естественным шагом было найти средства для ее хранения или аккумуляирования. Это, однако, оказалось непростым делом, и до сих пор не изобретен практичный накопитель или вторичная батарея, которые не были бы ни слишком громоздкими, ни слишком хрупкими, ни слишком слабыми по своему действию. Если бы удалось изготовить удовлетворительную аккумуляторную батарею, очевидно, что ее революционный эффект трудно было бы переоценить. В отдельной области авиации это, вероятно, решило бы вопрос воздушной навигации. Поэтому неудивительно, что изобретатели так рьяно стремились изобрести удовлетворительные аккумуляторные батареи. Еще в 1803 году Риттер попытался изготовить такую вторичную батарею. В 1843 году Гроув также предпринял попытку. Но только в 1859 году, когда Гастон Планш представил свое изобретение, было создано что-либо похожее на достаточно удовлетворительную аккумуляторную батарею. Планш обнаружил, что листы свинца, погруженные в разбавленную серную кислоту, очень хорошо подходят для создания поляризационных эффектов. Он сконструировал батарею из листов свинца, погруженных в серную кислоту, и, зарядив их в течение нескольких часов от элементов обычной батареи Бунзена, смог получать ток большой силы и значительной продолжительности. Однако из-за свинцовой конструкции эта батарея неизбежно была тяжелой и громоздкой. Фор несколько усовершенствовал ее, покрыв свинцовые пластины красным свинцом, тем самым увеличив емкость элемента. Изобретение Фора дало новый импульс изобретателям, и вскоре после этого рынок был заполнен аккумуляторными батареями различных типов, большинство из которых представляли собой модификации Planché или Faure. Однако пыл энтузиастов-изобретателей вскоре угас, поскольку все эти аккумуляторные батареи в конечном итоге оказались малоприспособленными на практике по сравнению с другими известными методами выработки энергии.

Широко используются три метода выработки электроэнергии: статическое электричество, или электричество трения, вырабатывается "пластинчатыми" или "статическими" машинами; гальваническое, вырабатываемое батареями, основанными на открытии Вольты; и индуцированное, или фарадическое, вырабатываемое химическим или механическим воздействием. Существует еще один вид, термоэлектричество, которое может быть произведено самым простым способом. В 1821 году Зеебек из Берлина обнаружил, что при формировании цепи из двух проводов из разных металлов, при разнице температур на стыке

этих двух металлов возникает электрический ток. Таким образом, тепло может быть преобразовано непосредственно в энергию тока без вмешательства паровой машины. Однако сконструированные таким образом батареи имеют низкое сопротивление, хотя, если расположить несколько из них "последовательно", можно генерировать ток значительной силы. Однако пока они не имеют большого практического значения.

Примерно в середине века Клерк-Максвелл выдвинул идею о том, что световые волны на самом деле являются электромагнитными волнами. Если бы это было правдой и свет оказался просто одной из форм электрической энергии, то то же самое было бы верно и для лучистого тепла. Максвелл выдвинул эту теорию, но не смог подтвердить ее экспериментально. Но доктор Генрих Герц несколько лет спустя с помощью серии экспериментов продемонстрировал правильность предположений Максвелла. То, что сейчас называют "волнами Герца", - это волны, по-видимому, идентичные световым, но с гораздо меньшей высотой или периодом. В своих экспериментах Герц показал, что при надлежащих условиях электрические искры между полированными шариками сопровождаются эфирными волнами той же природы, что и световые, но с частотой в несколько миллионов колебаний в секунду. С этими волнами можно обращаться так, как если бы они были световыми волнами — отраженными, преломленными и поляризованными. Это волны, которые используются в беспроводной телеграфии.

РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ, ИЛИ рентгеновские ЛУЧИ

В декабре 1895 года из Германии пришло известие о научном открытии, которое потрясло весь мир. Сначала это появилось как слух, которому мало верили; затем как отчетливое сообщение; наконец, как демонстрация. В нем рассказывалось о новом проявлении энергии, благодаря которому внутренняя часть непрозрачных предметов становится видимой человеческому глазу. Стоило только заглянуть в трубку, содержащую экран определенного состава и направленную на особый электрический аппарат, чтобы обрести ясновидение, более чудесное, чем дискредитированное второе зрение медиума. Монеты в кошельке, гвозди, вбитые в дерево, очки в кожаном футляре становились отчетливо видимыми под воздействием этой волшебной трубки; и когда человеческая рука подносилась к трубке, ее кости обнажались со странной простотой, как будто живая, трепещущая плоть вокруг них была всего лишь призрачной субстанцией призрака.

Не только человеческий глаз мог увидеть эти поразительные открытия, но и беспристрастные свидетельства неодушевленных химических веществ могли быть приведены для доказательства того, что разум не питал иллюзий. Фотопленка фиксировала все, что мог увидеть глаз, и вскоре изобилие призрачных снимков развеяло сомнения самых скептических людей. В течение месяца после объявления об экспериментах профессора Рентгена комментарии о "рентгеновских лучах" и "новой фотографии" стали частью текущих сплетен всего христианского мира.

Вряд ли нужно говорить, что такая революционная вещь, как открытие процесса, посредством которого непрозрачные объекты становятся прозрачными, не была достигнута за один шаг без промежуточных открытий. В 1859 году немецкий физик Юлиус П्लюккер (1801-1868) заметил, что при прохождении электрического разряда через разряженную трубку при низком давлении на окружающих стенках трубки вблизи отрицательного полюса, или катода, появляется зеленоватое свечение. Это открытие вскоре было исследовано рядом других ученых, среди

прочих Хитторфом, Гольдштейном и профессором (ныне сэром Уильямом) Круксом. Объяснения, данные этому феномену профессором Круксом, интересуют нас здесь более конкретно, поскольку его взгляды не совсем совпадали с взглядами двух других ученых, и поскольку его исследования были более непосредственно связаны с открытием рентгеновских лучей. Он утверждал, что тепло и фосфоресценция, возникающие в трубке низкого давления, были вызваны потоками частиц, вылетающих из катода с большой скоростью и ударяющихся о стенки стеклянной трубки. Состав стекла, по-видимому, также влиял на это свечение, поскольку, в то время как свинцовое стекло производило голубое свечение, содовое стекло давало желтовато-зеленый цвет. Состав стекла, по-видимому, изменился в результате длительного осыпания этими частицами, фосфоресценция через некоторое время утратила свой первоначальный блеск, вызванный тем, что стекло "устало", как сказал профессор Крукс. Таким образом, когда какое-либо непрозрачное вещество, такое как железо, помещается между катодом и стенками стеклянной трубки так, что оно на некоторое время отбрасывает тень в определенном месте на стекле, при удалении непрозрачного вещества или изменении его положения обнаруживается, что область стекла, сначала покрытая тенью, теперь реагирует на лучи иначе, чем окружающее стекло.

Особые лучи, теперь известные как катодные, не только отбрасывают тень, но и отклоняются магнитом, так что положение фосфоресценции по бокам трубки может быть изменено близостью мощного магнита. Исходя из этого, может показаться, что лучи состоят из частиц, заряженных отрицательным электричеством, и профессор Дж. Дж. Томсон модифицировал эксперимент Перрена, чтобы показать, что отрицательное электричество действительно связано с лучами. Таким образом, есть основания полагать, что катодные лучи представляют собой быстро движущиеся заряды отрицательного электричества. Можно также определить скорость, с которой движутся эти частицы, путем измерения отклонения, создаваемого магнитным полем.

Из-за того факта, что непрозрачные вещества отбрасывают тень в этих лучах, сначала считалось, что все твердые тела абсолютно непрозрачны для них. Герц, однако, обнаружил, что небольшое количество фосфоресценции возникает на стекле, даже когда между катодом и стенками трубки помещены такие непрозрачные вещества, как сусальное золото или алюминиевая фольга. Вскоре после этого Ленард обнаружил, что катодные лучи можно заставить проходить изнутри разрядной трубки во внешний воздух. Для удобства эти лучи за пределами трубки с тех пор стали известны как "лучи Ленарда".

В последние дни декабря 1895 года профессор Вильгельм Конрад Рентген из Вюрцбурга объявил, что он сделал открытие замечательного эффекта, возникающего под действием катодных лучей, о котором говорилось выше. Он обнаружил, что если пластинку, покрытую фосфоресцирующим веществом, поместить рядом с разрядной трубкой, разряженной настолько сильно, что катодные лучи создают зеленую фосфоресценцию, то эта пластинка будет светиться особым образом. Лучи, производящие это свечение, не были катодными лучами, хотя, по-видимому, возникали из них, и представляют собой то, что с тех пор было названо рентгеновскими лучами.

Рентген обнаружил, что вещества, удерживаемые между экраном и выпускной трубкой, отбрасывают тень на экран, причем характер тени зависит от плотности вещества. Таким образом, металлы почти полностью непрозрачны для лучей; такие вещества, как кость, гораздо

менее непрозрачны, а обычная плоть и вовсе едва ли непрозрачна. Если монету держать в руке, которая была помещена между трубкой и экраном, то полученное изображение показывало монету в виде черной тени; а кости руки, хотя и отбрасывали отчетливую тень, были заметно светлее; в то время как мягкие ткани почти не отбрасывали тени вообще. Ценность такого открытия была очевидна с самого начала; и была еще более усилена сделанным вскоре открытием, что на фотопластинки воздействуют лучи, что позволяет делать постоянные фотографические записи изображений через то, что мы знаем как непрозрачные вещества.

Что существенно увеличивает практическую ценность открытия Рентгена, так это тот факт, что аппарат для получения рентгеновских лучей в настоящее время настолько прост и относительно недорог, что доступен даже ученым-любителям. Он состоит в основном из индукционной катушки, прикрепленной либо к элементам питания, либо к уличной розетке для выработки электроэнергии, фокусирующей трубки и фосфоресцирующего экрана. Эти фокусирующие трубки изготавливаются различных форм, но, пожалуй, наиболее популярными являются в виде стеклянного шара, мало чем отличающегося от обычной бутылки для воды небольшого размера, причем эта трубка закрывается и выпускается из нее, а два полюса (анод и катод) заделаны в стеклянные стенки, но выступают с обоих концов для крепления к проводам от индукционной катушки. Эта трубка может быть установлена на подставке на высоте, удобной для манипуляций. Фосфоресцентный экран обычно представляет собой пластину, покрытую небольшим количеством платиноцианида и установленную в торце коробки удобного размера, противоположный конец которой имеет такую форму, что он соответствует контуру лица, перекрывая свет и позволяя глазам наблюдателя сфокусироваться на экране в торце. Для проведения наблюдений оператор должен просто включить электрический ток и приложить экран к глазам, направив его на светящуюся трубку, когда на фосфоресцирующей пластинке появится тень от какого-либо вещества, находящегося между трубкой и экраном.

Чудесные теневые изображения, создаваемые на фосфоресцирующем экране или фотопластинке, по-видимому, исходят от какой-то особой формы света, но точная природа этих лучей все еще остается открытым вопросом. Действительно ли рентгеновские лучи являются формой света, то есть формой "электромагнитного возмущения, распространяющегося через эфир", полностью не определено. Были проведены многочисленные эксперименты, чтобы определить это, но до сих пор не было найдено никаких доказательств того, что лучи являются формой света, хотя, по-видимому, в их свойствах нет ничего, что противоречило бы тому, что они таковыми являются. На данный момент большинство исследователей довольствуются признанием того, что термин "рентгеновское излучение" фактически ставит вопрос об интимной природе задействованной формы энергии.

VIII. СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ

Как мы видели, именно в 1831 году Фарадей открыл область магнитоэлектричества. Обратив вспять эксперименты своих предшественников, которые обнаружили, что электрические токи могут генерировать магнетизм, он показал, что магниты при определенных обстоятельствах способны генерировать электричество; он действительно доказал взаимопревращаемость электричества и магнетизма. Затем он показал, что все тела в большей или меньшей степени подвержены влиянию магнетизма и что магнетизм может влиять на явление поляризации даже света. Он полностью убедился в истинной идентичности всех различных форм электричества, а также в обратимости электричества и химического действия. Таким образом, он связал воедино свет, химическое сродство, магнетизм и электричество. И, более того, он прекрасно знал, что ни одно из них не может быть произведено в неограниченных количествах у другого. "Нигде, - говорит он, - нет чистого творения или производства энергии без соответствующего истощения чего-либо, что могло бы ее обеспечить".

Когда Фарадей писал эти слова в 1840 году, он шел по пятам за более широким обобщением, чем любое из тех, которые он фактически сформулировал; более того, оно было вполне в пределах его досягаемости. Он увидел великую истину, не осознав полностью ее важности; это было предоставлено другим, приближающимся к той же истине другим путем, чтобы указать на ее полное значение.

Великое обобщение, которое Фарадей так чудом упустил, — это истина, ставшая с тех пор известной как доктрина сохранения энергии, закон, согласно которому при преобразовании энергии из одного состояния в другое мы никогда не можем получить больше эквивалентного количества; короче говоря, "создать или уничтожить энергию так же невозможно, как создать или уничтожить материю; и что все явления материальной вселенной состоят только в преобразованиях энергии". Некоторые философы считают это величайшим обобщением, когда-либо задуманным человеческим умом. Как бы то ни было, это, несомненно, одна из величайших интеллектуальных вех девятнадцатого века. Он стоит особняком, настолько грандиозный и далеко идущий по своим последствиям, что поколение, впервые увидевшее разработку этого закона, не смогло его оценить; только сейчас, по прошествии полувека, мы начинаем видеть его в его истинных масштабах.

Такое обширное обобщение, как это, никогда не бывает грибным наростом, и обычно оно не вырастает полностью из головы какого-либо одного человека. Всегда несколько умов оказываются очень близки к истине, прежде чем какой-либо один разум полностью постигает ее. В высшей степени верно это в отношении доктрины сохранения энергии. Не только Фарадей, но и полдюжины разных людей имели об этом представление, прежде чем оно получило полное выражение; действительно, каждый человек, отстаивавший волновую теорию света и тепла, был близок к цели. Доктрина Юнга и Френеля была подобна шоссе, уверенно ведущему к широкой равнине сохранения. Явления электромагнетизма проложили еще одно такое шоссе. Но был еще один путь, который так же уверенно и даже легче вел к той же цели. Это была дорога, проложенная феноменом жары, и людям, которые шли по ней, было суждено опередить своих товарищей по работе; хотя, как мы видели, путники на других дорогах были на расстоянии оклика, когда лидеры проходили отметку.

Чтобы отдать хотя бы приблизительную справедливость людям, совершившим это великое достижение, мы должны вспомнить, что как раз в конце восемнадцатого века граф Рамфорд и Хамфри Дэви независимо друг от друга показали, что труд может быть преобразован в тепло; и правильно истолковали этот факт как означающий преобразование молярного движения в молекулярное. Мы едва ли можем сомневаться в том, что каждый из этих гениальных людей осознавал — во всяком случае, смутно, — что должно существовать тесное соответствие между величиной моляра и молекулярными движениями; следовательно, каждый из них имел в виду закон механического эквивалента тепла. Но ни один из них не понял и явно не изложил то, что каждый из них, должно быть, смутно видел; и в течение всего четверти века никто другой даже не соприкоснулся с ходом их мыслей, не говоря уже о том, чтобы обогнать его.

Но затем, в 1824 году, французский философ Сади Карно пошел в ногу с великими англичанами и сделал большой шаг вперед, недвусмысленно заявив о своей вере в то, что определенное количество работы может быть преобразовано в определенное количество тепла, ни больше, ни меньше. Карно, действительно, не достиг ясного представления своих предшественников о природе тепла, поскольку он все еще считал его формой "невесомой" жидкости; но тем не менее он рассуждал не менее ясно относительно их взаимного превращения при механической работе. Но какими бы важными ни казались его выводы теперь, когда мы оглядываемся на них более ясным взглядом, они не произвели никакого впечатления на его современников. Работа Карно в этом направлении была изолированным явлением, представляющим исторический интерес, но она не входила в схему заверщенного повествования ни в коей мере, как работы Румфорда и Дэви.

Человек, который действительно подобрал оборванную нить там, где ее обрнули Румфорд и Дэви, и сплел из нее законченную текстуру, появился на сцене в 1840 году. Его дом находился в Манчестере, Англия; по профессии он был фабрикантом. Он был другом и учеником великого доктора Далтона. Его звали Джеймс Прескотт Джоуль. Когда потомки закончат жонглировать именами девятнадцатого века, не исключено, что имя этого манчестерского философа станет нарицательным, как имена Аристотеля, Коперника и Ньютона.

Что касается работы Джоуля, то это была работа, выполненная в пятом десятилетии века, которая без всяких придинок продемонстрировала, что существует точная и абсолютная эквивалентность между механической работой и теплом; что какой бы ни была форма проявления молярного движения, оно может генерировать определенное и измеримое количество тепла, и не более. Джоуль обнаружил, например, что на уровне моря в Манчестере килограммовый груз, падающий с высоты семисот семидесяти двух футов, может выделять достаточно тепла, чтобы повысить температуру фунта воды на один градус по Фаренгейту. В этом не было ничего случайного; все несло на себе печать неизменного закона. И сам Джоуль увидел то, что со временем заставили увидеть других, - что эта истина является всего лишь частным случаем в рамках более общего закона. Если тепло ни в каком смысле не может быть создано, а только проявлено как преобразование другого вида движения, то не должно ли то же самое быть истинным для всех тех других форм "силы" — света, электричества, магнетизма, — которые, как было показано, так тесно связаны, так взаимно преобразуемы с теплом? Все аналогии, казалось, подтверждали истинность этого вывода; все эксперименты, как правило, подтверждали его. Закон механического эквивалента тепла стал затем главным краеугольным камнем более великого закона сохранения энергии.

Но пока эта цитата свежа в памяти, мы должны со всей поспешностью обратить наше внимание на страну по ту сторону Ла—Манша - короче говоря, в Данию - и узнать, что даже когда Джоуль экспериментировал с преобразованием тепла, философ из Копенгагена по имени Колдинг пришел к той же идее и довел ее до демонстрации. И затем, не останавливаясь, мы должны переместиться еще раз, на этот раз в Германию, и рассмотреть работу трех других людей, которые независимо друг от друга шли по пути к той же истине, и двое из которых, следует признать, пришли к ней раньше, чем Джоуль или Колдинг, если ни один из них не довел ее до столь ясной демонстрации. Имена этих трех немцев - Мора, Майер и Гельмгольц. Их вклад в создание великой доктрины сохранения природы теперь должен привлечь наше внимание.

Что касается Карла Фридриха Мора, то можно сказать, что его изложение доктрины предшествовало изложению любого из его коллег, хотя в остальном оно, возможно, было наименее важным. В 1837 году этот вдумчивый немец ухватил главную истину и выразил ее в статье, опубликованной в *Zeitschrift für Physik* и др. Но статья не привлекла никакого внимания даже со стороны соотечественников Мора. Тем не менее, право Мора считаться человеком, который независимо постиг великую истину и, возможно, постиг ее раньше, чем кто-либо другой в мире увидел ее так ясно, даже если он и не продемонстрировал ее достоверность, оспаривать нельзя.

Всего пять лет спустя, в 1842 году, доктор Юлиус Роберт Майер, практикующий врач из маленького немецкого городка Хайльбронн, опубликовал в "Анналене" Либиха статью "Силы неорганической природы", в которой четко, хотя и кратко, изложена не только механическая теория теплоты, но и вся доктрина сохранения энергии. Двумя годами ранее доктор Майер, будучи хирургом голландско-индийского судна, курсировавшего в тропиках, заметил, что венозная кровь пациента казалась краснее, чем обычно бывает в умеренном климате. Он поразмыслил над этим, казалось бы, незначительным фактом и, наконец, пришел к выводу, что причиной, должно быть, является меньшее количество окисления, необходимое для поддержания температуры тела в тропиках. Побужденный этим размышлением рассматривать тело как механизм, способность которого действовать зависит от внешних сил, он перешел в новую область мысли, которая, наконец, привела его к независимому открытию механической теории теплоты и к первому полному пониманию великого закона сохранения. Современный врач считает, что кровопускание, как правило, было практикой с весьма сомнительной пользой для пациента; но, по крайней мере, однажды оно привело к чудесным результатам. Не бывает такой маленькой соломинки, которая не указала бы восприимчивому уму гения на новые и удивительные истины.

СТАТЬЯ МАЙЕРА От 1842 ГОДА

Статья, в которой Майер впервые выразил свои революционные идеи, носила название "Силы неорганической природы" и была опубликована в 1842 году. Это одна из жемчужин научной литературы, и, к счастью, она не слишком длинная, чтобы приводить ее полностью. Редко, если вообще когда-либо, великая революционная доктрина излагалась в более кратких выражениях:

Что мы должны понимать под "силами"? и как различные силы связаны друг с другом? Термин "сила" передает по большей части идею чего-то неизвестного, непостижимого и гипотетического; в то время как термин "материя", с другой стороны, подразумевает обладание рассматриваемым объектом такими определенными свойствами, как вес и протяженность. Таким образом, попытка сделать идею силы столь же точной, что и идею материи, должна

приветствоваться всеми теми, кто желает, чтобы их взгляды на природу были ясными и не обремененными гипотезами.

"Силы являются причинами; и, соответственно, мы можем полностью применить по отношению к ним принцип *causa aequat effectum*. Если причина *c* имеет следствие *e*, то $c = e$; если, в свою очередь, *e* является причиной второго следствия *f*, мы имеем $e = f$ и так далее: $c = e = f... = c$. В ряду причин и следствий член или часть члена никогда не может, как это очевидно из природы уравнения, стать равным нулю. Это первое свойство всех причин мы называем их неуничтожимостью.

"Если данная причина *c* произвела следствие *e*, равное самой себе, то в этом самом акте она перестала существовать — *c* стало *e*. Если бы после образования *e* с все еще оставалось в целом или частично, должны были бы быть еще дальнейшие следствия, соответствующие этой оставшейся причине: таким образом, общее действие *c* было бы $> e$, что противоречило бы предположению $c = e$. Соответственно, поскольку *c* становится *e*, а *e* становится *f* и т.д., мы должны рассматривать эти различные величины как различные формы, под которыми проявляется один и тот же объект. Эта способность принимать различные формы является вторым существенным свойством всех причин. Объединяя оба свойства, мы можем сказать, что они вызывают КОЛИЧЕСТВЕННО НЕРАЗРУШИМЫЕ и количественно ПРЕОБРАЗУЕМЫЕ объекты.

"В природе существуют две причины, которые, по-видимому, никогда не переходят одна в другую", - сказал Майер. "Первый класс состоит из таких причин, которые обладают свойствами веса и непроницаемости. Это виды материи. Другой класс состоит из причин, которым недостает только что упомянутых свойств, а именно, сил, называемых также невесомыми из-за указанного отрицательного свойства. Следовательно, силы являются НЕРАЗРУШИМЫМИ, ПРЕОБРАЗУЕМЫМИ, НЕВЕСОМЫМИ ОБЪЕКТАМИ.

"В качестве примера причин и следствий возьмем материю: взрывоопасный газ, $H + O$, и вода, HO , связаны друг с другом как причина и следствие; следовательно, $H + O = HO$. Но если $H + O$ становится HO , тепло, кал., проявляется так же, как вода; у этого тепла также должна быть причина, *x*, и поэтому мы имеем $H + O + X = HO + \text{кал.}$ Однако можно было бы спросить, действительно ли $H + O = HO$ и $x = \text{кал.}$, а не, возможно, $H + O = \text{кал.}$ и $x = HO$, откуда в равной степени можно было бы вывести приведенное выше уравнение; и так во многих других случаях. Химики-флогисты распознали уравнение между cal. икс, или флогистон, как они его называли, и при этом сделали большой шаг вперед; но они снова впутались в систему ошибок, поставив *x* вместо *O*. Таким образом, они получили $H = HO + x$.

"Химия учит нас, что материя как причина имеет материю для своего следствия; но мы можем с равным основанием сказать, что сила как причине соответствует сила как следствие. Поскольку $c = e$ и $e = c$, естественно называть один член уравнения силой, а другой - действием силы или явлением, и придавать разные понятия выражениям "сила" и "явление". Короче говоря, если причиной является материя, то и следствие является материей; если причиной является сила, то следствие тоже является силой.

"Причиной, приводящей к поднятию груза, является сила. Действие поднятого веса, следовательно, также является силой; или, выражаясь в более общей форме, РАЗДЕЛЕНИЕ В ПРОСТРАНСТВЕ ВЕСОМЫХ ОБЪЕКТОВ ЯВЛЯЕТСЯ СИЛОЙ; и поскольку эта сила вызывает падение тел, мы называем ее СИЛОЙ ПАДЕНИЯ. Падающая сила и падение, или, еще более

обобщенно, падающая сила и движение, — это силы, связанные друг с другом как причина и следствие, силы, преобразуемые друг в друга, — две различные формы одного и того же объекта. Например, груз, лежащий на земле, не является силой: он не является ни причиной движения, ни подъема другого груза. Однако это становится таковым по мере того, как он поднимается над землей. Причина, то есть расстояние между грузом и землей, и следствие, или количество производимого движения, находятся друг с другом, как показывает механика, в постоянной зависимости.

"Поскольку гравитация рассматривается как причина падения тел, говорится о силе тяготения; и таким образом идеи СВОЙСТВА и СИЛЫ смешиваются друг с другом. Именно того, что является существенным атрибутом любой силы, то есть СОЮЗА неуничтожимости с конвертируемостью, не хватает в каждом свойстве: между свойством и силой, между гравитацией и движением, следовательно, невозможно установить уравнение, необходимое для правильно понятой причинно-следственной связи. Если гравитацию называть силой, предполагается причина, которая производит следствия, не ослабляя себя, и тем самым поощряются неправильные представления о причинных связях вещей. Для того чтобы тело могло упасть, так же необходимо, чтобы его подняли, как и для того, чтобы оно было тяжелым или обладало силой тяжести. Следовательно, падение тел не следует приписывать только их тяжести. Задача механики состоит в разработке уравнений, которые существуют между падающей силой и движением, движением и падающей силой, а также между различными движениями. Вот показательный пример: величина падающей силы v прямо пропорциональна (предполагается радиус земли — oo) величине массы m и высоте d , на которую она поднята, то есть $v = md$. Если высоту $d = l$, на которую поднимается масса m , преобразовать в конечную скорость $c = l$ этой массы, мы также имеем $v = mc$; но из известных соотношений, существующих между d и c , следует, что для других значений d или c мера силы v равна mc в квадрате; соответственно $v = md = mcs$ в квадрате. Таким образом, оказывается, что закон сохранения жизни основан на общем законе неуничтожимости причин.

"Во многих случаях мы видим, что движение прекращается, не вызвав другого движения или подъема груза. Но сила, однажды возникшая, не может быть уничтожена — она может только изменить свою форму. И поэтому возникает вопрос, какие еще формы способна принимать сила, с которой мы познакомились как с падающей силой и движением? Только опыт может привести нас к заключению по этому вопросу. Чтобы мы могли экспериментировать с пользой, мы должны выбирать орудия, которые, помимо того, что вызывают реальную остановку движения, как можно меньше изменяются исследуемыми объектами. Например, если мы потрем друг о друга две металлические пластины, мы увидим, что движение исчезает, а тепло, с другой стороны, появляется, и остается только определить, является ли ДВИЖЕНИЕ причиной тепла. Чтобы прийти к решению по этому вопросу, мы должны обсудить вопрос о том, не вызывает ли в бесчисленных случаях, когда расходование движения сопровождается выделением тепла, движение какого-либо иного эффекта, кроме выработки тепла, а тепло какой-либо иной причины, кроме движения.

"Серьезная попытка установить последствия прекращения движения никогда не предпринималась. Поэтому, не желая априори исключать гипотезу, которую, возможно, удастся установить, мы замечаем только, что, как правило, нельзя предположить, что этот эффект является изменением агрегатного состояния движущихся (то есть трущихся и т.д.) тел. Если мы предположим, что определенное количество движения v расходуется на

преобразование трущегося вещества m в n , мы должны тогда иметь $m + v = n$, а $n = m + v$; и когда n преобразуется в m , v должно появиться снова в той или иной форме.

"Продолжая трение двух металлических пластин в течение очень длительного времени, мы можем постепенно вызвать прекращение огромного количества движения; но придет ли нам когда-нибудь в голову поискать хотя бы малейший след силы, исчезнувшей в металлической пыли, которую мы смогли собрать, и попытаться восстановить ее оттуда? Мы повторяем, движение не могло быть уничтожено; и противоположные, или положительные и отрицательные, движения нельзя рассматривать как $= 0$ не более, чем противоположные движения могут возникнуть из ничего, или груз может подняться сам.

"Без признания причинно-следственной связи между движением и теплом объяснить выделение тепла так же трудно, как и дать какой-либо отчет о движении, которое исчезает. Тепло не может быть получено за счет уменьшения объема трущихся веществ. Хорошо известно, что два куска льда можно растопить, если потереть их друг о друга в вакууме; но пусть кто-нибудь попробует превратить лед в воду под давлением, каким бы огромным оно ни было. Автор обнаружил, что температура воды повышается при сильном встряхивании. Вода, нагретая таким образом (от двенадцати до тринадцати градусов по Цельсию), после встряхивания имеет больший объем, чем до этого. Откуда же теперь берется такое количество тепла, которое путем многократного встряхивания можно вызывать в одном и том же аппарате так часто, как нам заблагорассудится? Вибрационная гипотеза тепла - это подход к учению о том, что тепло является результатом движения, но он не способствует признанию этой причинно-следственной связи в ее полной общности. Скорее, это делает главный упор на беспокойные колебания.

"Если считать установленным, что во многих случаях нельзя проследить никакого другого эффекта движения, кроме тепла, и что для производимого тепла нельзя найти никакой другой причины, кроме движения, мы предпочитаем предположение о том, что тепло исходит от движения, предположению о причине без следствия и о следствии без причины. Точно так же химик, вместо того чтобы допустить исчезновение кислорода и водорода без дальнейшего исследования и образование воды каким-то необъяснимым образом, устанавливает связь между кислородом и водородом, с одной стороны, и водой - с другой.

"Мы можем представить себе естественную связь, существующую между падающей силой, движением и теплом, следующим образом: мы знаем, что тепло появляется, когда отдельные частицы тела приближаются друг к другу; при конденсации образуется тепло. И то, что применимо к мельчайшим частицам материи и мельчайшим интервалам между ними, должно быть применимо и к большим массам и к измеримым расстояниям. Падение груза - это уменьшение массы земли, и поэтому оно, без сомнения, должно быть связано с количеством выделяемого при этом тепла; это количество тепла должно быть пропорционально величине груза и его расстоянию от земли. С этой точки зрения мы легко приходим к уравнениям между падающей силой, движением и теплом, которые уже обсуждались.

"Но так же мало, как связь между падающей силой и движением подтверждает вывод о том, что сущность падающей силы заключается в движении, такой вывод может быть принят и в случае тепла. Напротив, мы скорее склонны заключить, что, прежде чем оно сможет стать теплом, движение должно перестать существовать как движение, будь то простое или вибрационное, как в случае света, лучистого тепла и т.д.

"Если падающая сила и движение эквивалентны теплу, то тепло, естественно, также должно быть эквивалентно движению и падающей силе. Точно так же, как тепло появляется в результате уменьшения объема и прекращения движения, точно так же тепло исчезает как ПРИЧИНА, когда его эффекты проявляются в форме движения, расширения или подъема веса.

"На водяных мельницах постоянное уменьшение массы, которому подвергается земля вследствие спада воды, вызывает движение, которое затем снова исчезает, непрерывно выделяя большое количество тепла; и, наоборот, паровая машина служит для того, чтобы снова преобразовывать тепло в движение или подъем тяжестей. Локомотив с его составом можно сравнить с дистилляционным аппаратом; тепло, подаваемое под котел, передается в виде движения, и оно снова откладывается в виде тепла на осях колес".

Затем Майер завершает свою статью следующим выводом: "Решение уравнений, существующих между падающей силой и движением, требует, чтобы пространство, через которое произошел обвал, в данный момент времени — например, в первую секунду — было определено экспериментально. Аналогичным образом, решение уравнений, существующих между падающей силой и движением, с одной стороны, и теплом, с другой, требует ответа на вопрос, насколько велико количество тепла, которое соответствует данной величине движения или падающей силы? Например, мы должны установить, на какую высоту требуется поднять данный груз над землей, чтобы сила его падения могла быть эквивалентна повышению температуры воды такого же веса с 0 градусов до 1 градуса по Цельсию. Попытку показать, что такое уравнение является выражением физической истины, можно рассматривать как суть предыдущих замечаний.

Применяя изложенные принципы к соотношениям, существующим между температурой и объемом газов, мы находим, что опускание столбика ртути, на которое сжимается газ, эквивалентно количеству тепла, выделяемого при сжатии; и отсюда следует, что соотношение между теплоемкостью воздуха при постоянном давлении и его теплоемкостью при постоянном объеме принимается равным $= 1,421$, что нагревание воды данного веса с 0 градусов до равного веса с высоты около трехсот шестидесяти пяти градусов. метров. Если мы сравним с этим результатом работу наших лучших паровых машин, мы увидим, насколько малая часть тепла, подаваемого в котел, действительно преобразуется в движение или подъем тяжестей; и это может служить оправданием попыток прибыльного получения движения каким-либо другим методом, помимо использования химического различия между углеродом и кислородом, в частности, путем преобразования в движение электричества, получаемого химическими средствами".(1)

МАЙЕР И ГЕЛЬМГОЛЬЦ

Итак, вот он, этот безвестный немецкий врач, ведущий скучную жизнь деревенского практикующего, но видящий такие видения, каких никогда не видел ни один человек в мире.

Открытый им великий принцип стал доминирующей мыслью его жизни и заполнял все часы досуга. Он применял его повсюду, среди всех явлений неорганического и органического миров. Это научило его, что и овощи, и животные - это машины, подчиняющиеся одним и тем же законам, которые управляют неорганической материей, преобразуя энергию, но ничего не создавая. Затем его разум устремился в космос и встретил вселенную, состоящую из вопросов. Каждая звезда, которая мигала ему, когда он ехал в ответ на ночной зов, казалась точкой допроса, спрашивающей, как я существую? Почему я до сих пор не сгорел, если ваша теория сохранения верна? До сих пор никто даже не пытался ответить на этот вопрос; мало кто хотя бы осознавал, что он требует ответа. Но врач из Хайльбронна понял вопрос и нашел ответ. Его метеоритная гипотеза, опубликованная в 1848 году, впервые дала убедительное объяснение постоянному свету и теплу нашего солнца и мириадом других солнц — объяснение, к которому мы вернемся в другой связи.

Все это время наш изолированный философ, чей мозг пылал жаром творческой мысли, совершенно не подозревал, что кто-либо другой в мире работает в том же направлении. И внешний мир в равной степени не обращал внимания на работу врача из Хайльбронна. Не было друга, который вселял бы энтузиазм и мужество, не было родственной души, которая могла бы повлиять на этот властный, но одинокий разум. И это тем более примечательно, что есть несколько других случаев, когда мастер-основатель в науке появлялся на сцене иначе, как в качестве ученика или друга какого-либо другого мастера-основателя. Из людей, которых мы отметили в данной связи, Янг был другом и соратником Дэви; Дэви был протеже Румфорда; Фарадей, ученик Дэви; Френель, сотрудник Араго; Колдинг, соратник Эрстеда; Джоуль, ученик Дальтона. Но Майер — изолированный феномен, один из самых выдающихся интеллектуалов столетия. Возможно, эта оценка, назвавшая его Галилеем девятнадцатого века, преувеличена, но, несомненно, никакая вялая похвала не может воздать ему должное.

Однако долгое время его работа не привлекала никакого внимания. В 1847 году, когда другой немецкий врач, Герман фон Гельмгольц, один из самых массивных и выдающихся интеллектуалов любого века, самостоятельно пришел к пониманию доктрины сохранения энергии и опубликовал свой трактат на эту тему, он едва ли слышал о своем соотечественнике Майере. Однако, когда он услышал о нем, то поспешил отказаться от всех притязаний на доктрину сохранения, хотя весь мир отдает ему должное за независимое, хотя и последующее открытие.

СТАТЬЯ ДЖОУЛЯ 1843 ГОДА

Тем временем в Англии Джоуль переходил от одной экспериментальной демонстрации к другой, не обращая внимания на своих немецких конкурентов и почти так же мало замечаемый своими соотечественниками. Он прочитал свой первый доклад перед химической секцией Британской ассоциации содействия развитию науки в 1843 году, и никто не обратил на него ни малейшего внимания. Однако нам стоит потратить время на его подробное рассмотрение. Она озаглавлена "О тепловом воздействии магнитоэлектричества и механической ценности тепла". Полный текст, опубликованный в Отчете Британской ассоциации, выглядит следующим образом:

"Хотя давно известно, что тонкая платиновая проволока может воспламеняться магнитоэлектричеством, все еще оставалось предметом сомнений, выделялось ли тепло КАТУШКАМИ, в которых вырабатывалось магнитоэлектричество; и действительно, казалось вполне разумным предположить, что там вырабатывался ХОЛОД, чтобы компенсировать тепло,

выделяемое другой частью цепи. Поэтому автор попытался прояснить эту неопределенность экспериментальным путем. Его устройство состояло из небольшого составного электромагнита, погруженного в воду и вращающегося между полюсами мощного стационарного магнита. Магнитоэлектрическая энергия, вырабатываемая в катушках вращающегося электромагнита, измерялась точным гальванометром; а температура воды измерялась до и после каждого эксперимента очень тонким термометром. Влияние температуры окружающего атмосферного воздуха было предотвращено покрытием вращающейся трубки фланелью и т.д., а также внедрением системы интерполяции. С помощью обширной серии экспериментов с вышеупомянутым устройством автору удалось доказать, что тепло выделяется катушками магнитоэлектрической машины, а также любой другой частью цепи, пропорционально сопротивлению проводимости провода и квадрату силы тока; при сравнимых обстоятельствах магнето обладает той же теплотворной способностью, что и вольтово электричество.

"Профессор Якоби из Санкт-Петербурга показал, что движение электромагнитной машины генерирует магнитоэлектрическое излучение в противовес вольтовому току батареи. Автор наблюдал то же явление при компоновке своего устройства в виде электромагнитной машины; но обнаружил, что никакого дополнительного тепла не выделялось из-за конфликта сил в катушке электромагнита, и что тепло, выделяемое катушкой, оставалось, как и прежде, пропорциональным квадрату тока. И снова, повернув машину против направления сил притяжения, чтобы увеличить интенсивность электрического тока с помощью магнитоэлектричества, он обнаружил, что выделение тепла по-прежнему пропорционально квадрату тока. Таким образом, автор обнаружил, что тепло, выделяемое вольтовым током, неизменно пропорционально квадрату тока, однако интенсивность тока может варьироваться с помощью магнитной индукции. Но доктор Фарадей показал, что химическое воздействие тока определяется просто его количеством. Поэтому он пришел к выводу, что в электромагнитном двигателе часть тепла, обусловленного химическим действием батареи, теряется контуром и преобразуется в механическую мощность; и что, когда электромагнитный двигатель вращается ВОПРОТИВ направлению сил притяжения, контур выделяет большее количество тепла, чем за счет химических реакций батареи, причем избыточное количество образуется за счет преобразования механической силы, прилагаемой при вращении машины. С помощью динамометрического прибора, прикрепленного к его машине, автор установил, что во всех вышеупомянутых случаях количество тепла, способное повысить температуру фунта воды на один градус по шкале Фаренгейта, равно механической силе, способной поднять груз весом около восьмисот тридцати фунтов на высоту одного фута".(2)

ДЖОУЛЬ Или МАЙЕР?

Два года спустя Джоуль пожелал прочитать еще один доклад, но председатель намекнул, что время ограничено, и попросил его ограничиться кратким устным изложением результатов его экспериментов. Если бы председатель только знал об этом, он сократил бы объем документа, гораздо более важного, чем все остальные документы собрания, вместе взятые. Однако синопсис был дан, и его выслушал один человек, у которого хватило гениальности оценить его важность. Это был Уильям Томсон, нынешний лорд Кельвин, ныне известный всему миру как один из величайших натурфилософов, но тогда всего лишь новичок в науке. Он пришел на помощь Джоулю, начал раздувать скандал и впоследствии присоединился к манчестерскому экспериментатору в проведении его исследований.

Но тем временем признанные лидеры британской науки отнеслись к новой доктрине косо. Фарадей, Брюстер, Гершель — это были великие имена в физике того времени, и никто из них не мог полностью принять новые взгляды на энергию. В течение нескольких лет ни один физик старшего поколения, выступая с признанным авторитетом, не выступил в поддержку доктрины сохранения. Эта кульминационная мысль первой половины девятнадцатого века пришла в мир незаметно, без предупреждения и противодействия. В пятом десятилетии века она была разработана и в значительной степени продемонстрирована по крайней мере в трех разных странах, однако даже мыслители даже не подозревали о ее существовании. В 1853 году Уэвелл, историк индуктивных наук, опубликовал второе издание своей истории, и, как указал Хаксли, он даже не упомянул революционную мысль, которой уже тогда было целое десятилетие.

Однако к этому времени битва уже назревала. Подрастающее поколение осознало важность закона, который их старшие не могли оценить, и вскоре за границей разнесся шум о том, что на честь открытия претендует не один человек. Главным образом благодаря усилиям профессора Тиндала работа Майера стала известна британской общественности, и между сторонниками Майера и сторонниками Джоуля разгорелся весьма прискорбный спор — ожесточенный спор, в котором утверждение Дэви о том, что наука не знает ни одной страны, не всегда принималось во внимание, и который оставил свои шрамы в сердцах и умах великих людей, чьи личные интересы были затронуты.

И поэтому по сей день вопрос о том, кто является главным открывателем закона сохранения энергии, не поддается категорическому ответу, который удовлетворил бы всех философов. Обычно считается, что первый выбор лежит между Джоулем и Майером. Профессор Тиндалл выразил убеждение, что в будущем каждого из этих людей будут одинаково помнить в связи с этой работой. Но история не дает нам оснований для такой надежды. Потомство в долгосрочной перспективе всегда требует, чтобы его герои были одиноки. Кто сейчас помнит, что Роберт Гук оспаривал у Ньютона открытие учения о всемирном тяготении? Суждение потомков несправедливо, но оно неумолимо. И поэтому мы почти не сомневаемся, что столетие спустя одно имя будет упомянуто как имя создателя великой доктрины сохранения энергии. О человеке, чье имя запомнилось таким образом, возможно, будут говорить как о Галилее, Ньютоне девятнадцатого века; но будет ли имя, удостоенное таким образом окончательного вердикта истории, именем Колдинга, Мора, Майера, Гельмгольца или Джоуля, еще не решено.

ЛОРД КЕЛЬВИН И РАССЕЙВАНИЕ ЭНЕРГИИ

Постепенное проникновение в эту область великой доктрины сохранения просто повторило историю появления каждой новой и революционной мысли. Неизбежно старшее поколение, для которого все формы энергии были невесомыми флюидами, должно уйти, прежде чем новая концепция сможет претендовать на поле деятельности. Даже слово "энергия", хотя Янг и ввел его в обиход в 1807 году, вошло в обиход лишь некоторое время спустя после середины века. Для большинства философов (слово "физик" в то время было еще менее в почете) различные формы энергии все еще оставались тончайшими флюидами, и никогда еще идея не отвергалась с большей неохотой, чем эта. Эксперименты Янга и Френеля убедили большое количество философов в том, что свет - это вибрация, а не субстанция; но такой великий авторитет, как Био, до конца своей жизни, в 1862 году, цеплялся за старую идею излучения и имел последователей.

Тем временем, однако, компания блестящих молодых людей, которые только что прошли обучение, когда на сцену вышла доктрина сохранения, заняла авторитетное положение и

активно боролась за новые идеи. Подтверждающее доказательство того, что энергия - это молекулярное движение, а не "невесомая" форма материи, накапливаемая изо дня в день. Эксперименты двух французов, Ипполита Л. Физо и Леона Фуко, в конце концов убедили последних уцелевших скептиков в том, что свет - это волнообразное движение; и косвенно отнесли тепло к той же категории, поскольку Джеймс Дэвид Форбс, шотландский физик, показал в 1837 году, что лучистое тепло подчиняется тем же законам поляризации и двойного преломления, которые управляют светом. Но, если уж на то пошло, эксперименты, установившие механический эквивалент тепла, едва ли оставляли место для сомнений относительно нематериальности этого "невесомого". Сомневающиеся действительно выражали скептицизм относительно достоверности экспериментов Джоуля, но дальнейшие исследования, экспериментальные и математические, таких ученых, как Томсон (лорд Кельвин), Рэнкин и Тиндаль в Великобритании, Гельмгольц и Клаузиус в Германии и Реньо во Франции, посвященные различным проявлениям тепла, сделали доказательства недоступными для критики.

Из этих исследований как раз в середине века, к которым привели эксперименты Майера и Джоуля, выросла новая наука термодинамика. Из них также выросло в сознании одного из исследователей новое обобщение, уступающее по значимости только самой доктрине сохранения. Профессор Уильям Томсон (лорд Кельвин) в своих исследованиях термодинамики был впечатлен тем фактом, что, хотя все молярное движение, возникающее под действием труда или силы тяжести, может быть преобразовано в тепло, этот процесс не является полностью обратимым. Тепло действительно может быть преобразовано в молярное движение или работу, но в процессе определенное количество тепла излучается в пространство и теряется. То же самое происходит всякий раз, когда любая другая форма энергии преобразуется в молярное движение. Действительно, любая трансмутация энергии, какого бы характера она ни была, кажется осложненной тенденцией к выделению тепла, часть которого теряется. Это наблюдение привело профессора Томсона к его доктрине рассеяния энергии, которую он сформулировал перед Королевским обществом Эдинбурга в 1852 году и опубликовал в том же году в журнале *Philosophical Magazine* под названием "Об универсальной тенденции в природе к рассеянию механической энергии".

Исходя из изложенного здесь принципа, профессор Томсон сделал поразительный вывод о том, что "поскольку любое восстановление этой механической энергии без более чем эквивалентного рассеивания невозможно", известная нам вселенная должна находиться в состоянии постепенно выходящей из строя машины; и в частности, что мир, в котором мы живем, в течение конечного времени был непригоден для обитания человека и должен снова стать таким в течение конечного будущего. Сегодня эта мысль кажется настолько банальной, что трудно осознать, насколько поразительной она казалась полвека назад. Поколение, обученное, как наше, доктринам сохранения и рассеивания энергии как самому азбуке физической науки, может лишь плохо оценить ментальный настрой поколения, которое по большей части даже не считало проблематичным, может ли солнце продолжать излучать тепло и свет вечно. Но те передовые мыслители, которые осознали важность доктрины сохранения, могли сразу оценить силу доктрины рассеяния Томсона и осознать взаимодополняющий характер этих двух концепций.

То тут, то там такой мыслитель, как Рэнкин, действительно пытался представить условия, при которых энергия, потерянная в результате рассеяния, могла бы быть восстановлена до

приемлемого уровня, но такие попытки не увенчались успехом, и со временем обобщение профессора Томсона и его выводы относительно последствий задеиствованного закона стали общепринятыми.

Появление новых взглядов на природу энергии последовало, как я уже сказал, за развитием всех остальных новых идей. Молодые люди с богатым воображением могли принять новую точку зрения; философы постарше, чьи умы были подчинены предубеждениям, не могли войти в новое русло. Это настолько поразительно верно в рассматриваемом нами конкретном случае, что стоит отметить века, предшествовавшие революционным экспериментам людей, чьи работы были упомянуты как входящие в схему эволюции идеи о том, что энергия - это просто проявление материи в движении. Такой список расскажет историю лучше, чем целый том комментариев.

Заметьте, что Дэви провел свой эпохальный эксперимент по растапливанию льда трением, когда ему было двадцать лет. Янг был не старше, когда сделал свое первое сообщение Королевскому обществу, и ему было двадцать семь лет, когда он впервые активно поддержал волновую теорию. Френелю было двадцать шесть, когда он сделал свои первые важные открытия в той же области; и Араго, который сразу же стал его чемпионом, был тогда всего на два года старше его, хотя в течение десяти лет он был настолько знаменит, что невольно думаешь о нем как о человеке старшего поколения.

Форбсу было меньше тридцати, когда он открыл поляризацию тепла, которая указала Мору, тогда тридцатиоднолетнему, путь к механическому эквиваленту. Джоулю было двадцать два в 1840 году, когда была начата его великая работа; и Майеру, чьи открытия датируются тем же годом, было тогда двадцать шесть, что также было возрастом Гельмгольца, когда он опубликовал свое независимое открытие того же закона. Уильям Томсон был юношей, едва достигшим совершеннолетия, когда он пришел на помощь Джоулю перед Британским обществом, и всего на семь лет старше, когда сформулировал свою собственную доктрину рассеяния энергии. А Клаузиус и Рэнкин, которых обычно упоминают вместе с Томсоном как великих разработчиков термодинамики, оба далеко продвинулись в своих новых исследованиях еще до того, как им исполнилось тридцать. Имея в виду такой список, мы вполне можем согласиться с отцом индуктивной науки в том, что "человек, который молод годами, может состариться за несколько часов".

Однако мы не должны забывать, что у щита есть обратная сторона. Ибо разве величайшему из астрономов-наблюдателей Гершелю не перевалило за тридцать пять, прежде чем он увидел телескоп, и за пятьдесят, прежде чем он открыл тепловые лучи спектра? И разве Фарадей не достиг среднего возраста до того, как обратил свое особое внимание на электричество? Очевидно, что для полноты этой фразы Бэкону следовало бы добавить, что "человек, который стар годами, может быть молод в воображении". Здесь, однако, даже более уместным, чем в другом случае, — к сожалению, больше — было бы применение его уточняющей оговорки: "но это случается редко".

ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

В какой-либо отдельной области науки пока еще существует лишь несколько великих обобщений. Естественно, что после того, как большое обобщение нашло окончательное выражение, наступает период затишья перед следующим шагом вперед. В случае с доктринами

энергии затишье длилось полвека. На протяжении всего этого периода, это правда, множество рабочих трудились в этой области, и случайному наблюдателю могло показаться, что их деятельность была безграничной, в то время как практическое применение их идей — примером чего являются, например, телефон, фонограф, электрическое освещение и так далее — было немногим менее революционным. И все же самый компетентный из ныне живущих авторитетов, лорд Кельвин, мог в 1895 году утверждать, что за пятьдесят лет он не узнал ничего нового о природе энергии.

Это, однако, не следует истолковывать как означающее, что мир стоял на месте в течение этих двух поколений. Это скорее означает, что рядовые продвигались вперед по тому пути, по которому уже прошли лидеры. Лишь немногие люди в мире обладали таким же широтой взглядов на новую доктрину энергии, как лорд Кельвин в середине века. Тогда несколько лидеров достаточно ясно увидели, что если одна форма энергии на самом деле является просто колебанием или вибрацией между частицами "весомой" материи или эфира, то все другие проявления энергии должны иметь ту же природу. Но рядовые сотрудники долгое время даже не видели этой истины после того, как они частично постигли смысл доктрины сохранения. Когда в конце пятидесятых годов этот замечательный молодой шотландец Джеймс Клерк-Максвелл, сформулировав другими словами идею Фарадея, выразил свою веру в то, что электричество и магнетизм являются всего лишь проявлениями различных состояний напряжения и движения в эфирной среде (электричество - это смещение напряжения, магнетизм - завихрение в эфире), идея не встретила немедленной популярности. И еще менее радушным был прием, оказанный теории того же мыслителя, выдвинутой в 1863 году, о том, что эфирные колебания, производящие явление, которое мы называем светом, ничем, кроме длины волны, не отличаются от пульсаций электромагнетизма.

Примерно в то же время Гельмгольц сформулировал несколько похожую электромагнитную теорию света; но даже весомость этого объединенного авторитета не могла придать доктрине популярности до самого недавнего времени, когда эксперименты Генриха Герца, ученика Гельмгольца, показали, что состояние электрического напряжения может быть преобразовано в волновую систему путем периодических прерываний электрического состояния в генераторе, и что такие волны распространяются в эфире со скоростью света. С тех пор электромагнитную теорию света с энтузиазмом называют величайшим обобщением века; но трезвый мыслитель должен понимать, что на самом деле это всего лишь то, что сам Герц назвал этим, — одна опора под великой аркой сохранения. Это интересная деталь архитектуры, но часть не может равняться размеру целого.

Более того, этот конкретный пирс пока еще ни в коем случае не является очень прочным. Действительно, было продемонстрировано, что волны электромагнетизма распространяются в пространстве со скоростью света, но пока еще никто не разработал электрические волны, даже отдаленно приближающиеся к краткости визуальных лучей. Следовательно, максимум, что можно утверждать с уверенностью, это то, что все известные формы лучистой энергии - тепло, свет, электромагнетизм — распространяются в пространстве с одинаковой скоростью и состоят из поперечных колебаний — "боковых дрожаний", как сказал Френель о свете, — которые, как известно, различаются по длине, и не отличаются однозначно в остальном. Действительно, было высказано предположение, что новейшая форма лучистой энергии, знаменитое рентгеновское излучение, открытое профессором Рентгеном, представляет собой продольную вибрацию, но это всего лишь предположение. Как бы то ни было, сейчас некому подвергать

сомнению тот факт, что все формы лучистой энергии, независимо от их точного сродства, состоят по существу из волновых движений одной однородной среды.

Целого столетия экспериментов, вычислений и споров, таким образом, было достаточно, чтобы соотнести "невесомые жидкости" наших предков и свести их все к проявлениям движения между частицами материи. На первый взгляд, это кажется огромным изменением точки зрения. И все же, при внимательном рассмотрении, это изменение в мышлении не столь радикально, как может показаться из-за изменения фразы. Физик девятнадцатого века, вытесняя "невесомые жидкости" многих видов — по одной для света, тепла, электричества, магнетизма — был вынужден заменить их одной всепроникающей жидкостью, различные колебания, волны, рябь, завихрения или деформации которой производят проявления, которые на популярном языке называются формами силы. Эту всепроникающую жидкость физик называет эфиром, и он думает о ней как о невесомой. Таким образом, по сути, физик отказался от множества невесомых объектов в пользу единственного невесомого - хотя слово "невесомый" было изгнано из его лексикона. С этой точки зрения эфир, который, рассматриваемый как признанная научная истина, по сути, является открытием девятнадцатого века, является едва ли не самой интересной вещью во вселенной. Еще кое-что относительно его свойств, реальных или предполагаемых, у нас будет возможность рассмотреть, когда мы обратимся к обратной стороне физики, которая требует нашего внимания в следующей главе.

IX. ЭФИР И ВЕСОМАЯ МАТЕРИЯ

"Какие бы трудности мы ни испытывали при формировании последовательного представления о строении эфира, не может быть сомнений в том, что межпланетные и межзвездные пространства не пусты, а заняты материальной субстанцией или телом, которое, безусловно, является самым большим и, вероятно, наиболее однородным телом, о котором мы имеем какие-либо знания".

Таков был вердикт, вынесенный около тридцати лет назад Джеймсом Клерком-Максвеллом, одним из величайших физиков девятнадцатого века, относительно существования во вселенной всепроникающего пространства, в которое погружена каждая частица осязаемой материи. И можно сказать, что этот вердикт выражает позицию всего философского мира наших дней. Все без исключения авторитетные физики нашего времени принимают это утверждение как истину и рассуждают о нем примерно с той же уверенностью, которую они проявляют, говоря о "весомой" материи или энергии. Это правда, что среди них есть те, кто склонен отрицать, что это всепроникающее скопление заслуживает названия материи. Но с тем, что это нечто, и притом чрезвычайно важное, согласны все. Без этого, утверждают они, мы бы ничего не знали о свете, лучистом тепле, электричестве или магнетизме; без этого, вероятно,

не существовало бы такой вещи, как гравитация; более того, они даже намекают, что без этого странного чего-то, эфира, во вселенной не было бы такой вещи, как материя. Если эти утверждения современного физика обоснованы, то этот неосязаемый эфир, несомненно, является самым важным, а также "самым большим и однородным веществом или телом" во вселенной. Его открытие вполне можно рассматривать как одно из самых важных достижений девятнадцатого века.

Для открытия того века это, безусловно, так, в том смысле, что все известные свидетельства его существования были собраны в ту эпоху. Истинные мечтатели всех эпох по метафизическим причинам представляли себе существование неосязаемых жидкостей в космосе — они действительно несколько раз населяли космос различными видами эфиров, как замечает Максвелл, — но такие смутные мечты не в большей степени являлись открытием современного эфира, чем мечта какого-нибудь доколумбова провидца о том, что за неизведанными водами может лежать земля, была открытием Америки. Справедливости ради следует признать, что Гюйгенс, создатель волновой теории света в семнадцатом веке, уловил проблеск истинного эфира; но его современники и примерно восемь поколений его преемников были совершенно глухи к его заявлениям; таким образом, он имеет практически такое же отношение к первооткрывателям эфира девятнадцатого века, какое норвежец имеет к Колумбу.

Истинным Колумбом эфира был Томас Янг. Его открытие было завершено в начале девятнадцатого века, когда он выдвинул первые убедительные доказательства волновой теории света. Сказать, что свет состоит из волн, — значит постулировать нечто, что колеблется; и это нечто не может быть воздухом, поскольку воздух существует лишь в бесконечно малом количестве, если вообще существует, в межзвездных пространствах, через которые свободно проникает свет. Но если не воздух, то что тогда? Ясно, что это нечто более неосязаемое, чем воздух; нечто сверхчувственное, ускользающее от любых прямых попыток обнаружить его, но существующее повсюду в кажущемся пустым пространстве, а также пронизывающее субстанцию всех прозрачных жидкостей и твердых тел, если, конечно, не всех осязаемых субстанций. Это неосязаемое нечто Молодое дало новое название Светоносному Эфиру.

В первые дни своего открытия Янг думал о волнах, производящих свет и лучистое тепло, как о продольных — прямой и обратной пульсации, соответствующей пульсациям звука, — и поскольку такие пульсации могут передаваться текучей средой со свойствами обычных жидкостей, он был прав, думая об эфире как о жидкости по своим свойствам, за исключением его крайней неосязаемости. Но примерно в 1818 году эксперименты Френеля и Араго с поляризацией света заставили усомниться в том, достаточна ли теория продольных колебаний, и Юнгом было высказано предположение, а Френелем независимо было понято и продемонстрировано, что светоносные колебания не продольные, а поперечные; и все более поздние эксперименты имели тенденцию подтверждать эту точку зрения. Но бывает так, что обычные жидкости — газы и разряды — не могут передавать поперечные колебания; только твердые тела способны на такую вибрацию. Таким образом, стало необходимым предположить, что светоносный эфир представляет собой тело, обладающее упругой жесткостью — знакомым свойством осязаемых твердых тел, но совершенно неизвестным среди жидкостей.

Идея поперечных колебаний несла с собой еще одну загадку. Почему эфир, будучи настроен на вибрацию, дающую нам ощущение, которое мы называем светом, не производит в своей субстанции подчиненных колебаний, расходящихся под прямым углом от пути первоначального

колебания? Кажется, что таких перпендикулярных колебаний не существует, иначе мы могли бы увидеть их за углом; как объяснить их отсутствие? Физик мог придумать только один способ: они должны предположить, что эфир несжимаем. Она должна заполнить все пространство — во всяком случае, все пространство, с которым имеет дело человеческое знание, — совершенно полным.

Эти свойства эфира, несжимаемость и упругая жесткость, вполне постижимы сами по себе; но трудности мышления возникают, когда мы размышляем о другом качестве, которым эфир явно должен обладать, а именно об отсутствии трения. Согласно гипотезе, это твердое, несжимаемое тело пронизывает все пространство, заключая в себе каждую частицу осязаемой материи; однако оно, по-видимому, ни в малейшей степени не замедляет движения этой материи. Это, несомненно, самое трудное для понимания из предполагаемых свойств эфира. Физик объясняет это совершенной эластичностью эфира, благодаря которой он смыкается позади движущейся частицы с толчком, точно уравнивающим напряжение, необходимое для проникновения в нее спереди.

Человеку, непривычному думать о кажущейся твердой материи как о действительно состоящей из частиц, расположенных на относительно большом расстоянии друг от друга, трудно понять утверждение, что эфир проникает сквозь вещество твердых тел — например, стекла — и, используя выражение Юнга, которое мы цитировали ранее, перемещается среди них так же свободно, как ветер гуляет в роще деревьев. Эта мысль, однако, не представляет особых трудностей для ума, привыкшего к философским рассуждениям. Но у Френеля рано возник вопрос, не подвергается ли эфир значительному воздействию при контакте с частицами твердых тел. Некоторые из его экспериментов привели его к мысли, что часть эфира, проникающая между молекулами осязаемой материи, находится, так сказать, в плену и вынуждена двигаться вместе с этими частицами. Он говорил о таких частях эфира как о "связанном" эфире, в отличие от огромной массы "свободного" эфира. Полвека спустя после смерти Френеля, когда гипотеза эфира стала общепринятым научным догматом, Физо во Франции и Клерк-Максвелл в Англии провели эксперименты, чтобы выяснить, действительно ли какая-либо часть эфира связана таким образом с частицами материи; но результаты экспериментов оказались отрицательными, и вопрос до сих пор остается неопределенным.

В то время как волновая теория света все еще пробивала себе дорогу, другой вид доказательств в пользу существования эфира был выдвинут Майклом Фарадеем, который в ходе своих экспериментов по электрической и магнитной индукции все больше и больше убеждался в наличии определенных силовых линий или каналов в среде, подверженной электромагнитному воздействию. Разум Фарадея, как и разум Ньютона и многих других философов, отвергал идею действия на расстоянии, и он был убежден, что явления магнетизма и электрической индукции убедительно свидетельствуют о существовании невидимого скопления повсюду в пространстве, которое, весьма вероятно, может быть тем же самым скоплением, которое несет колебания света и лучистого тепла.

Затем, примерно в середине столетия, произошла та окончательная революция в мышлении относительно природы энергии, которую мы уже обрисовали в общих чертах в предыдущей главе, и с этим доводы в пользу эфира считались полностью обоснованными. Идея о том, что энергия — это просто "способ движения" (используя известную фразу Тиндала), в сочетании со всеобщим неприятием понятия действия на расстоянии, сделала признание распространения

энергии по всему пространству необходимостью мышления — так, во всяком случае, казалось большинству физиков последних десятилетий. Доказательство того, что все известные формы лучистой энергии движутся в пространстве с одинаковой скоростью, рассматривается практически как демонстрация того, что в их передаче участвует только одна оболочка — один эфир. Оливер Лодж, действительно, в предварительном порядке предположил, что могут существовать два эфира, представляющих два противоположных вида электричества, но даже автор этой гипотезы вряд ли стал бы претендовать на высокую степень вероятности.

Самые последние рассуждения о свойствах эфира лишь немногим отошли от ранних идей Юнга и Френеля. Со всех сторон предполагается, что эфир представляет собой непрерывное несжимаемое тело, обладающее жесткостью и эластичностью. Лорд Кельвин даже вычислил вероятную плотность этого эфира и его коэффициент жесткости. Как можно было бы предположить, он почти бесконечно разрежен по сравнению с любым осязаемым твердым телом, а его жесткость лишь бесконечно мала по сравнению со сталью. Одним словом, он сочетает в себе свойства осязаемой материи способом, неизвестным ни в одной осязаемой субстанции. Поэтому мы не можем правильно представить себе его истинное состояние. Ближайшим приближением, по словам лорда Кельвина, является форма из прозрачного желе. Конечно, это грубая, неточная аналогия, поскольку плотность и сопротивление желе, в частности, совершенно отличаются от плотности и сопротивления эфира; но колебания, которые пробегают по желе при встряхивании, и упругое натяжение, под которым оно оказывается, когда его масса скручивается, дают некоторую аналогию с колебаниями и деформациями в эфире, которые, как считается, составляют лучистую энергию, магнетизм и электричество.

Поскольку великие физики того времени едины во мнении о существовании этого всепроникающего эфира, было бы очевидной самонадеянностью для любого, кто стоит вне пределов досягаемости, оспаривать столь прочно укоренившееся убеждение. И, действительно, в любом случае, кажется, что нет особых оснований для постановки такой задачи. И все же, возможно, не лишним будет подумать о том, что современный физик уверен в своем эфире не больше, чем его предшественник в восемнадцатом веке в существовании определенных предполагаемых субстанций, которые он назвал флогистон, калорином, световыми частицами, а также магнитными и электрическими жидкостями. Это было бы всего лишь повторением истории, если бы случилось так, что до конца следующего столетия эфир занял бы свое место наряду с этими отброшенными творениями научного воображения предыдущих поколений. Современный философ совершенно уверен в существовании эфира; но когда он говорит, что в его существовании "нет сомнений", он говорит неосторожно и выходит за рамки демонстрации. Он не ЗНАЕТ, что действие не может происходить на расстоянии; он не ЗНАЕТ, что само пустое пространство может не выполнять функций, которые он приписывает своему заполняющему пространство эфиру.

Тем временем, однако, эфир, будь то субстанция или всего лишь иллюзорная материя, служит замечательной цели, обеспечивая точку опоры для современной физики. Бесценной она оказалась не только для изучающего энергию, но и для изучающего саму материю. Из гипотетической туманности была выведена самая убедительная теория строения весомой материи, которая когда-либо была предложена, или, во всяком случае, та, которая станет окончательной догадкой девятнадцатого века об этой "загадке веков". Я имею в виду, конечно,

вихревую теорию атомов — это глубокое и увлекательное учение, которое предполагает, что материя во всех ее многообразных фазах есть не что иное, как эфир в движении.

Автором этой замечательной концепции является лорд Кельвин. В его голове родилась идея счастливого соединения математических расчетов с конкретными экспериментами. Математические расчеты были в значительной степени работой Германа фон Гельмгольца, который примерно в 1858 году взялся за решение некоторых уникальных задач, связанных с вихревыми движениями. Гельмголец обнаружил, что вихревой вихрь, однажды возникший в среде без трения, теоретически должен оставаться неизменным вечно. В ограниченной среде такой вихрь может иметь V-образную форму, концы которой находятся на поверхности среды. Мы можем имитировать такой вихрь, быстро проводя ложкой по чашке с водой. Но в безграничной среде вихревой вихрь всегда должен представлять собой замкнутое кольцо, которое может принимать простую форму обруча или окружности, или которое может быть бесконечно искривлено, закольцовано или, так сказать, завязано узлом. Простая или искривленная, эта бесконечная цепь вращающегося вещества (частицы вращаются вокруг оси петли, как частицы струны, когда ее перекачивают между пальцами) должна в среде без трения сохранять свою форму и вечно вращаться с неизменной скоростью.

Пока эти теоретические расчеты Гельмгольца были свежи в его памяти, профессор П. Г. Тейт из Эдинбурга показал лорду Кельвину (тогда сэру Уильяму Томсону) устройство, сконструированное с целью создания вихревых колец в воздухе. Устройство, которое любой может воспроизвести, состояло просто из коробки с отверстием, просверленным с одной стороны, и куска холста, натянутого с противоположной стороны вместо досок. Пары хлористого аммиака образуются внутри коробки просто для того, чтобы сделать воздух видимым. При постукивании лентой по брезентовой стороне коробки выбрасываются вихревые кольца затуманенного воздуха, в точности похожие по внешнему виду на те кольца дыма, которые некоторые опытные курильщики табака могут создавать, постукивая себя по щекам, или на те более крупные, которые мы иногда видим выдуваемыми из трубы локомотива.

Преимуществом аппарата профессора Тейта является его управляемость и уверенность, с которой может быть получен желаемый результат. Под заинтересованным наблюдением лорда Кельвина он выбрасывал кольца различных размеров, которые перемещались прямо по комнате с разной скоростью, в зависимости от первоначального импульса, и которые вели себя очень странно при соприкосновении друг с другом. Если, например, быстро движущееся кольцо обгоняло другое, движущееся по той же траектории, то впереди идущее кольцо, казалось, останавливалось и растягивало свою периферию подобно эластичной ленте, в то время как преследователь, казалось, сжимался, пока оно действительно не проскальзывало через отверстие другого, после чего каждое кольцо возвращало свой первоначальный размер и продолжало свой путь, как будто ничего не произошло. С другой стороны, когда два кольца, движущихся в немного разных направлениях, сближались друг с другом, казалось, что они притягиваются друг к другу; однако, если они сталкивались, они отскакивали, дрожа, как упругие твердые тела. Если было предпринято усилие схватить или разрезать одно из этих колец, тонкая вещица съеживалась от соприкосновения и ускользала, как если бы она была живой.

И все это время тело, которое вело себя таким образом, состояло просто из кружения в воздухе, сделанного видимым, но не подверженного никакому другому влиянию дымных испарений.

Вскоре трение окружающего воздуха стирало кольцо, и оно растворялось в общей атмосфере — часто, однако, только после того, как сохранялось в течение многих секунд и четко проходило через большую комнату. Очевидно, что если бы трения не было, инерция кольца должна была бы сделать его постоянной структурой. Не хватало только среды без трения, чтобы выполнить все условия неразрушимых вихрей Гельмгольца. И сразу же лорд Кельвин вспомнил о среде без трения, которую физики теперь начали признавать, — всепроникающем эфире. Что, если в этом эфире возникли вихревые кольца, разве они не должны обладать свойствами, которые проявляли вихревые кольца в воздухе, — инерцией, притяжением, эластичностью? И разве это не свойства обычной осязаемой материи? Разве тогда не вероятно, что то, что мы называем материей, состоит просто из скоплений бесконечно малых вихревых колец в эфире?

Таким образом, вихревая теория атомов обрела форму в сознании лорда Кельвина, и ее выражение дало миру то, что многие философы нашего времени считают наиболее правдоподобной концепцией строения материи, сформулированной до сих пор. Конечно, это всего лишь теория; ее автор был бы последним человеком, который претендовал бы на ее окончательность. "Это всего лишь мечта", — сказал мне лорд Кельвин, говоря об этом не так давно. Но у нее есть основа в математических расчетах и аналогичных экспериментах, на которую не может претендовать никакая другая теория материи, и у нее есть объединяющая или монистическая тенденция, которая делает ее для философского ума немногим менее увлекательной. Истинно это или ложно, но это окончательная теория материи двадцатого века.

Помимо вопроса о точном строении элементарных частиц материи, вопросам распределения таких частиц, их взаимных связей, свойств и действий уделялось все больше внимания в девятнадцатом веке, хотя основы для современных спекуляций были заложены в предшествующую эпоху. Наиболее популярной в восемнадцатом веке гипотезой о конечном строении материи была гипотеза ученого итальянского священника Роджера Джозефа Босковича, опубликованная в 1758 году в его книге "Theoria Philosophiae Naturalis". "В этой теории, — согласно одному из ранних комментаторов, — предполагается, что вся масса, из которой состоят тела Вселенной, состоит из чрезвычайно большого, но конечного числа простых, неделимых, нерастянутых атомов. Творец наделил эти атомы силами ОТТАЛКИВАНИЯ и ПРИТЯЖЕНИЯ, которые варьируются в зависимости от расстояния. На очень малых расстояниях частицы вещества отталкиваются друг от друга; и эта сила отталкивания возрастает сверх всяких пределов по мере уменьшения расстояний и, следовательно, навсегда предотвратит фактический контакт. Когда частицы вещества удаляются на ощутимые расстояния, отталкивающая сила заменяется силой притяжения, которая уменьшается обратно пропорционально квадратам расстояний и распространяется за пределы сфер самых удаленных комет".

Эта концепция атома как простого центра силы вряд ли могла удовлетворить какой-либо иной ум, кроме метафизического. Однако никто не предпринимал заметных попыток улучшить эту идею до тех пор, пока в конце столетия Хамфри Дэви в ходе своих исследований тепла не пришел к предположению относительно изменений, которые происходят во внутренней субстанции материи при изменении температурных условий. Дэви, как мы видели, рассматривал тепло как проявление движения между частицами материи. Поскольку все тела, скоторыми мы вступаем в контакт, имеют определенную температуру, Дэви пришел к выводу, что внутренние частицы каждого вещества должны постоянно находиться в состоянии вибрации. Такие вибрации, как он полагал, создают "силу отталкивания", которая (как и

Боскович), по его признанию, удерживает частицы материи на расстоянии друг от друга. Нагревать вещество означает просто увеличивать скорость вибрации его частиц; таким образом, также, очевидно, увеличивая силы отталкивания и увеличивая объем массы в целом. Если степень приложенного тепла достаточна, сила отталкивания может стать достаточно сильной, чтобы преодолеть силу притяжения, и частицы будут разделяться и стремиться разлететься друг от друга, при этом твердое вещество превратится в газ.

Этим весьма наводящим на размышления идеям Дэви уделялось не так много внимания, потому что они были основаны на идее о том, что тепло - это просто движение, которую научный мир тогда отверг; но полвека спустя, когда появились новые теории энергии, возродились практически те же идеи о частицах материи (молекулами их теперь называли), которые отстаивал Дэви. Именно тогда Клаузиус в Германии и Клерк-Максвелл в Англии занялись исследованием того, что стало известно как кинетическая теория газов — ныне знакомой концепции, согласно которой все явления в газах происходят из-за беспорядочного бегства потоков широко разделенных молекул, из которых они состоят. Конкретная идея о том, что давление или "пружина" газов возникает из-за таких молекулярных воздействий, была выдвинута Даниэлем Борнелли в начале восемнадцатого века. Идея, тогда мало замеченная, была возрождена примерно столетие спустя Уильямом Хирепатом и снова с некоторым успехом Дж. Дж. Уотерстоном из Бомбея примерно в 1846 году; но она не получила четкой опоры, пока ее не взяли в руки Клаузиус в 1857 году и Клерк-Максвелл в 1859 году.

Соображения, побудившие Клерка-Максвелла взяться за вычисления, могут быть изложены его собственными словами, сформулированными в статье "О движениях и столкновениях идеально упругих сфер".

"Столь многие свойства материи, особенно когда она находится в газообразной форме, - говорит он, - могут быть выведены из гипотезы о том, что ее мельчайшие частицы находятся в быстром движении, скорость которого увеличивается с повышением температуры, что точная природа этого движения становится предметом рационального любопытства. Даниэль Борнелли, Херапат, Джоуль, Крониг, Клаузиус и др. Показали, что взаимосвязь между давлением, температурой и плотностью в идеальном газе можно объяснить, предположив, что частицы движутся с одинаковыми скоростями по прямым линиям, ударяясь о стенки сосуда и, таким образом, создавая давление. Нет необходимости предполагать, что каждая частица движется на какое-либо большое расстояние по одной и той же прямой линии; поскольку эффект создания давления будет таким же, если частицы ударятся друг о друга; так что описанная прямая линия может быть очень короткой. М. Клаузиус определил среднюю длину пути в терминах среднего числа частиц и расстояния между центрами двух частиц в момент столкновения. В настоящее время у нас нет средств установить ни одно из этих расстояний; но определенные явления, такие как внутреннее трение газов, теплопроводность через газ и диффузия одного газа через другой, по-видимому, указывают на возможность точного определения средней длины пути, который частица описывает между двумя последовательными столкновениями. Чтобы заложить основу таких исследований на строгих механических принципах, я продемонстрирую законы движения неопределенного числа маленьких, твердых и идеально упругих сфер, действующих друг на друга только при ударе. Если будет обнаружено, что свойства такой системы тел соответствуют свойствам газов, то будет установлена важная физическая аналогия, которая может привести к более точному знанию свойств материи. Если эксперименты с газами несовместимы с гипотезой, лежащей в

основе этих положений, то наша теория, хотя и согласуется сама с собой, оказывается неспособной объяснить явления, связанные с газами. В любом случае необходимо проследить за этими следствиями гипотезы.

Вместо того, чтобы говорить, что частицы твердые, сферические и эластичные, мы можем, если пожелаем, сказать, что частицы являются центрами силы, действие которых незаметно за исключением определенного очень малого расстояния, когда оно внезапно проявляется как сила отталкивания очень большой интенсивности. Очевидно, что любое допущение приведет к одним и тем же результатам. Чтобы избежать повторения длинной фразы об этих отталкивающих телах, я буду исходить из предположения об идеально упругих сферических телах. Если мы предположим, что те совокупные молекулы, которые движутся вместе, имеют ограничивающую поверхность, которая не является сферической, тогда вращательное движение системы закроет определенную долю всей живой природы, как было показано Клаузиусом, и таким образом мы можем объяснить, что значение удельной теплоемкости больше, чем при более простой гипотезе ".(1)

Тщательно разработанные исследования Клерка-Максвелла послужили не просто обоснованию доктрины, но и пролили поток света на весь предмет молекулярной динамики. Вскоре физики почувствовали такую уверенность в существовании этих ливней летящих молекул, составляющих газ, как если бы они действительно могли видеть и наблюдать за их отдельными действиями. Благодаря изучению вязкости газов, то есть степени сопротивления трения, которое они оказывают движущемуся по ним объекту или другому потоку газа, с помощью математики было получено представление о скорости, с которой движутся частицы газа, и количестве столкновений, которые каждая частица должна испытать за данное время, и о длине среднего свободного пробега, проходимого молекулой между столкновениями. Эти измерения были подтверждены изучением скорости диффузии, с которой различные газы смешиваются вместе, а также скорости диффузии тепла через газ, причем оба эти показателя были сопоставлены. явления, происходящие главным образом из—за беспорядочного бегства молекул.

Достаточно удивительно слышать, что подобные измерения вообще проводились, но удивление возрастает, когда слышишь результаты. Из расчетов Клерка-Максвелла следует, что средняя длина свободного пробега, или расстояние, проходимое молекулами между столкновениями в обычном воздухе, составляет примерно одну полумиллионную дюйма; в то время как скорость молекул такова, что каждая из них испытывает около восьми миллиардов столкновений в секунду! Возможно, было бы трудно привести иллюстрацию, лучше этой демонстрирующую усовершенствования современной физики; если, конечно, таковым не считать еще один результат, непосредственно вытекающий из этих расчетов, а именно подвиг измерения размеров самих молекул. Клаузиус был первым, кто указал, как это можно сделать, зная длину свободного пробега; и вычисления были сделаны Лошмидтом в Германии и лордом Кельвином в Англии независимо.

Работа, конечно, чисто математическая, но результаты считаются неопровержимыми; более того, лорд Кельвин говорит о них как об абсолютно показательных в определенных пределах точности. Однако это не означает, что они показывают точные размеры молекулы; это означает оценку пределов размера, в пределах которых может находиться фактический размер молекулы. По оценкам лорда Кельвина, эти пределы составляют примерно одну

десятимиллионную долю сантиметра для максимума и одну стомиллионную долю сантиметра для минимума. Такие цифры не несут особого значения для наших грубых органов чувств, но лорд Кельвин дал осязаемую иллюстрацию, которая помогает воображению хотя бы смутно понять немыслимую малость молекулы. По его оценкам, если бы шар, скажем, из воды или стекла, примерно "размером с футбольный мяч, был увеличен до размеров земли, причем каждая составляющая молекула была бы увеличена в той же пропорции, увеличенная структура была бы более крупнозернистой, чем куча дробы, но, вероятно, менее крупнозернистой, чем куча футбольных мячей".

Для оценки размера молекул было использовано несколько других методов. Одно из них основано на явлении контактного электричества, другое - на волновой теории света, а третье - на капиллярном притяжении, как показано на натянутой пленке мыльного пузыря! Ни один из этих методов не дает результатов более определенных, чем результаты, полученные благодаря только что изложенной кинетической теории газов; но важно то, что результаты, полученные этими различными методами (все они принадлежат лорду Кельвину), согласуются друг с другом в определении размеров молекулы примерно в уже упомянутых пределах. Поэтому мы можем быть совершенно уверены, что молекулы материи - это не те непротяженные, бесформенные точки, какими их считали Боскович и его последователи восемнадцатого века. Но все это, следует иметь в виду, относится к молекуле, а не к конечной частице материи, о которой нам еще предстоит сказать в другой связи. Достаточно любопытно, что мы обнаружим, что новейшие теории относительно последнего члена ряда не так уж далеки от мечтаний философов восемнадцатого века; электрон Дж. Дж. Томпсона обнаруживает много сходства с бесформенным центром Босковича.

Какой бы ни была точная форма молекулы, ее очертания подвержены постоянным изменениям; ибо ничто в молекулярной науке не считается более твердо установленным, чем то, что молекула при всех обычных обстоятельствах находится в состоянии интенсивной, но переменной вибрации. Например, вся энергия молекулы газа измеряется не ее импульсом, а им плюс ее энергией вибрации и вращения из-за уже упомянутых столкновений. Клаузиус даже оценил относительную важность этих двух величин, показав, что поступательное движение молекулы газа составляет лишь три пятых ее кинетической энергии. Общая энергия молекулы (которую мы называем "теплом") включает также другой фактор, а именно потенциальную энергию, или энергию положения, обусловленную работой, которая была проделана при расширении, преодолении внешнего давления и внутреннего притяжения между самими молекулами. Эта потенциальная энергия (которая будет восстановлена, когда газ сожмется) и есть "скрытое тепло" Черного Цвета, которое так долго озадачивало философов. Она скрыта в том же смысле, в каком энергия мяча, подброшенного в воздух, скрыта в тот момент, когда мяч достигает наибольшей высоты, прежде чем начать падать.

Таким образом, оказывается, что различные движения, реальные и потенциальные, участвуют в создании состояния, которое мы называем теплом. Однако главным образом поступательное движение измеряется как температура; и это также наиболее очевидно определяет физическое состояние вещества, из которого в совокупности состоят молекулы, — будет ли оно казаться нашему грубому восприятию газом, жидкостью или твердым телом. В газообразном состоянии, как мы видели, поступательное движение молекул относительно огромно, поскольку молекулы находятся на большом расстоянии друг от друга. Из этого не следует, как мы предполагали ранее, что это свидетельствует о силе отталкивания, действующей между молекулами.

Современные физики, возглавляемые лордом Кельвином, отказываются признавать какую-либо такую силу. Они считают, что молекулы газа летят по прямым линиям в силу своей инерции совершенно независимо друг от друга, за исключением моментов столкновения, от которых они отскакивают в силу своей эластичности; или при приближении к столкновению, в этом последнем случае, оказавшись в зоне взаимного притяжения, две молекулы могут кружить друг вокруг друга, как комета кружит вокруг солнца, а затем снова разлететься в стороны, как комета убегает от солнца.

Очевидно, что длина свободного пробега молекул газа может быть увеличена неограниченно за счет уменьшения числа самих молекул в ограниченном пространстве. Профессорами Тейтом и Дьюаром было показано, что искусственно может быть создан вакуум с такой степенью разрежения, что длина свободного пробега оставшихся молекул измеряется в дюймах. Расчет основан на экспериментах, проведенных с радиометром профессора Крукса, прибором, который сам по себе призван продемонстрировать истинность кинетической теории газов. Такой разреженный газ, как этот, рассматривается профессором Круксом как составляющий четвертое состояние материи, которое он называет ультрагазообразным.

С другой стороны, если газ подвергается давлению, его молекулы сближаются, и таким образом уменьшается длина их свободного пробега. В конечном счете, при достаточном давлении молекулы находятся практически в непрерывном контакте. Тем временем чрезвычайно возросшее число столкновений привело к тому, что молекулы стали вибрировать все активнее, а температура газа повысилась, что, действительно, неизбежно приводит к закону сохранения энергии. Таким образом, никакое давление само по себе не может быть достаточным для приведения газа в жидкое состояние. Считается, что даже в центре Солнца, где давление почти невообразимо велико, всю материю следует рассматривать как газообразную, хотя молекулы должны быть так плотно упакованы друг к другу, что по консистенции, вероятно, больше напоминают твердое вещество.

Однако, если одновременно с приложением давления будет предоставлена возможность для отвода избытка тепла в более холодную окружающую среду, молекулы, отдавая избыток энергии, становятся относительно неподвижными, и на определенной стадии газ превращается в жидкость. Однако точная точка, в которой происходит это превращение, сильно различается для разных веществ. В случае воды, например, это температура более четырехсот градусов выше нуля по Цельсию; в то время как для атмосферного воздуха она составляет сто девяносто четыре градуса по Цельсию ниже нуля или более чем на сто пятьдесят градусов ниже точки замерзания ртути.

Будь то высокая или низкая температура, выше которой любое вещество всегда является газом, независимо от давления, называется критической температурой, или абсолютной точкой кипения, этого вещества. Однако из этого не следует, что ниже этой точки вещество обязательно является жидкостью. Это вопрос, который будет определяться внешними условиями давления. Даже намного ниже критической температуры молекулы обладают огромной степенью активности и имеют тенденцию разлетаться на части, поддерживая то, что кажется газообразным, но технически называется парообразным состоянием — разница в том, что одного давления достаточно, чтобы перевести пар в жидкое состояние. Таким образом, вода может перейти из газообразного состояния в жидкое при четырехстах градусах выше нуля, но в условиях обычного атмосферного давления этого не происходит до тех пор, пока

температура не понизится еще на триста градусов. Однако при температуре ниже четырехсот градусов это технически пар, а не газ; но единственное различие, как вы понимаете, заключается в степени молекулярной активности.

Таким образом, оказалось, что преобладание воды в парообразном и жидком состоянии, а не в "постоянном" газообразном состоянии здесь, на земном шаре, является простым случаем земной эволюции. Столь же случайным является тот факт, что воздух, которым мы дышим, "постоянно" является газообразным, а не жидким или твердым, как это могло бы быть, если бы температура поверхности земли была понижена до степени, которая при более широком рассмотрении может рассматриваться как незначительная. Разница между температурой атмосферы в тропических и арктических регионах часто составляет более ста градусов; если бы температура снизилась еще на сто, была бы достигнута точка, при которой газообразный кислород превращается в пар, а при повышенном давлении - в жидкость. Еще тридцать семь градусов - и мы достигнем критической температуры азота.

И это не просто теоретическое предположение; это определение экспериментальной науки, совершенно независимое от теории. Физик в лаборатории создал искусственные температурные условия, позволяющие ему изменять состояние наиболее стойких газов. Примерно пятьдесят лет назад, когда кинетическая теория находилась в зачаточном состоянии, Фарадей, среди прочего, сжижал углекислый газ, и эксперименты, начатые таким образом, были расширены многочисленными исследователями более позднего времени, в частности Кайле в Швейцарии, Пикте во Франции и доктором Томасом. Эндрюс и профессор Джеймс Дьюар в Англии. В ходе этих экспериментов был сжижен не только воздух, но и водород, самый тонкий из газов; и становилось все более очевидным, что газ и жидкость являются, как давным-давно утверждал Эндрюс, "лишь отдаленными стадиями длинной серии непрерывных физических изменений". Конечно, если температуру понизить еще больше, жидкость превратится в твердое вещество; и это изменение также произошло в случае некоторых из наиболее "постоянных" газов, включая воздух.

Степень холода, то есть отсутствия тепла, образующегося таким образом, огромна по сравнению со всем, что мы имеем сейчас в природе здесь, на земле, однако молекулы затвердевшего воздуха, например, не находятся в состоянии абсолютного покоя. Другими словами, у них все еще есть температура, хотя и очень низкая. Но вполне возможно, что может быть достигнута стадия, на которой молекулы становятся абсолютно неподвижными в отношении поступательного или колебательного движения. Такое состояние без нагрева было приближено, но пока еще не совсем достигнуто, в лабораторных экспериментах. Это называется абсолютным нулем температуры и, по оценкам, эквивалентно двумстам семидесяти трем градусам по Цельсию ниже точки замерзания воды, или обычного нуля.

Считается, что температура (или отсутствие температуры), близко приближающаяся к этой, достигается в эфирном океане межпланетного и межзвездного пространства, которое передает лучистую энергию, но, как считается, не поглощает ее. Мы здесь, на поверхности Земли, защищены от воздействия этого холода, который почти мгновенно лишил бы жизни все органическое, исключительно тонким слоем атмосферы, которым покрыт земной шар. Казалось бы, как будто эта атмосфера, подверженная воздействию такой температуры на своей поверхности, должна там постоянно разжижаться и, таким образом, выпадать обратно подобно дождю, чтобы снова раствориться в газе, пока она все еще находится на высоте многих миль

над поверхностью земли. Это может быть причиной того, что его снующие молекулы не так давно улетели в космос и оставили мир без защиты.

Но независимо от того, происходит ли сейчас такое разжижение воздуха во внешней атмосфере, не может быть никаких сомнений относительно того, что должно было произойти во всей ее глубине, если бы мы были навсегда отрезаны от нагревающего воздействия солнца, как угрожают астрономы, это может произойти в будущем веке. Каждая молекула, не только атмосферы, но и всего вещества земли, поддерживается в движении за счет энергии, которую она получает или уже получила, прямо или косвенно, от солнца. Предоставленная самой себе, каждая молекула израсходовала бы свою энергию и растратила бы ее в окружающее пространство, в конечном счете полностью выйдя из строя, так же верно, как любая созданная человеком машина, мощность которой время от времени не восстанавливается. Итак, если в какую-нибудь будущую эпоху случится так, что солнечные лучи покинут нас, температура на земном шаре должна постепенно опуститься до абсолютного нуля. Иными словами, молекулы газа, которые сейчас летают с такой немыслимой скоростью, должны беспомощно упасть на землю; жидкости, в свою очередь, должны стать твердыми телами; а сами твердые тела, когда их молекулярная дрожь полностью утихнет, возможно, приобретут свойства, природу которых мы не можем себе представить.

Но даже тогда, согласно текущей гипотезе, молекула, не обладающая теплотой, все равно останется существом, связанным с жизнью. Его вихревое кружение все еще будет продолжаться, не подверженное влиянию угасания тех подчиненных колебаний, которые производили временный эффект, который мы называем температурой. Ибо эти мимолетные толчки, хотя и определяющие физическое состояние материи, измеряемое нашими грубыми органами чувств, были не более чем несущественными происшествиями; но вихревой водоворот - это сущность самой материи. Некоторые оценки точного характера этого внутримолекулярного движения вместе с недавними теориями относительно действительной структуры молекулы потребуют нашего внимания в более позднем томе. У нас также будет возможность в другой связи провести более полное исследование феномена низкой температуры.

ПРИЛОЖЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ГЛАВА I

ПРЕЕМНИКИ НЬЮТОНА В АСТРОНОМИИ

(1) (стр. 10). Отчет о нескольких необычных метеорах или огнях в небе, автор доктор Эдмунд Галлей. Филолог. Пер. с англ. Лондонского королевского общества, том. XXIX, стр. 159-162.

Прочитано перед Королевским обществом осенью 1714 года. (2) (стр. 13). Филос. Пер. Лондонского королевского общества за 1748 год, том XLV., стр. 8, 9. Из письма достопочтенному Джорджу, графу Макклсфилду, о видимом движении, наблюдаемом в некоторых неподвижных звездах, Джеймса Брэдли, доктора медицинских наук, Королевского астронома и Ф.Р.С.

ГЛАВА II

ПРОГРЕСС СОВРЕМЕННОЙ АСТРОНОМИИ

(1) (стр. 25). Уильям Гершель, Филолог. Пер. за 1783 год, т. LXXIII. (2) (стр. 30). Космогония Канта, изд. и пер. У. Харти, доктор медицинских наук, Глазго, 900, стр. 74-81. (3) (стр. 39). Экспозиция системы мира (включена в "oeuvres Completes"), М. Маркиза де Лапласа, том VI., стр. 498. (4) (стр. 48). Из научных работ Дж. Клерка-Максвелла, под редакцией У. Д. Невина, магистра медицины (2 тома), том I., стр. 372-374. Это перепечатка статьи Клерка-Максвелла о премии 1859 года.

ГЛАВА III

НОВАЯ НАУКА ПАЛЕОНТОЛОГИЯ (1) (стр. 81). Барон де Кювье, Теория Земли, Нью-Йорк, 1818, стр. 98. (2) (стр. 88). Чарльз Лайелл, "Принципы геологии" (4 тома), Лондон, 1834. (стр. 92). Там же., том. III., стр. 596-598. (4) (стр. 100). Хью Фальконер, в "Палеонтологических мемуарах", т. II., стр. 596. (5) (стр. 101). Там же, стр. 598. (6) (стр. 102). Там же, стр. 599. (7) (стр. 111). Ископаемые лошади в Америке (перепечатано из "Американского натуралиста", том VIII., май 1874 г.), О. К. Марш, стр. 288, 289.

ГЛАВА IV

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИИ (1) (стр. 123). Джеймс Хаттон, из Трудов Королевского общества Эдинбурга, 1788, т. I., стр. 214. Доклад о "Теории Земли", прочитанный перед Обществом в 1781 году. (2) (стр. 128). Там же, стр. 216. (3) (стр. 139). Размышления о вулканах, Г. Пулетт Скроуп, Эсквайр, стр. 228-234. (4) (стр. 153). Л. Агассис, Этюды о ледниках, Невшатель, 1840, стр. 240.

ГЛАВА V

НОВАЯ НАУКА МЕТЕОРОЛОГИЯ

(1) (стр. 182). Теория дождя Джеймса Хаттона, в Трудах Королевского общества Эдинбурга, 1788, т. 1, стр. 53-56. (2) (стр. 191). Эссе о Росе, У. К. Уэллса, доктора медицины, Ф. Р.С., Лондон, 1818, стр. 124 ф.

ГЛАВА VI

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРИИ ТЕПЛА И СВЕТА

(1) (стр. 215). Очерки политические, экономические и философские, Бенджамина Томпсона, графа Румфорда (2 тома), том II., стр. 470-493, Лондон; Т. Каделл-младший и У. Дэвис, 1797. (2) (стр. 220). Томас Янг, Филолог. Пер., 1802, стр. 35. (3) (стр. 223). Там же, стр. 36.

ГЛАВА VII

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И МАГНЕТИЗМА

(1) (стр. 235). Доклад Дэви в Королевском институте, 1810. (2) (стр. 238). Ханс Кристиан Эрстед, Эксперименты с воздействием электрического тока на магнитную стрелку, 1815. (3) (стр. 243). Об индукции электрических токов, Майкл Фарадей, Ф. Р.С., филолог. Перевод. Лондонского королевского общества за 1832 год, стр. 126-128. (4) (стр. 245). Объяснение магнитных явлений Араго, Майкл Фарадей, Ф. Р.С., филолог. Перевод. Лондонское королевское общество за 1832 год, стр. 146-149.

ГЛАВА VIII

СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ

(1) (стр. 267). Силы неорганической природы, статья доктора Юлиуса Роберта Майера, "Летопись Либиха", 1842. (2) (стр. 272). О тепловом воздействии магнитоэлектричества и механической ценности тепла, Дж. П. Джоуль, в Отчете Британской ассоциации содействия развитию науки, том XII., стр. 33.

ГЛАВА IX

ЭФИР И ВЕСОМАЯ МАТЕРИЯ (1) (стр. 297). Джеймс Клерк-Максвелл, Философский журнал за январь и июль 1860 года.

КОНЕЦ ТОМА III

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЯТИ ТОМОВ

КНИГА I

- I. ДОИСТОРИЧЕСКАЯ НАУКА
 - II. ЕГИПЕТСКАЯ НАУКА
 - III. НАУКА ВАВИЛОНИИ И АССИРИИ
 - IV. РАЗРАБОТКА АЛФАВИТА
 - V. ЗАЧАТКИ ГРЕЧЕСКОЙ НАУКИ
 - VI. РАННИЕ ГРЕЧЕСКИЕ ФИЛОСОФЫ В ИТАЛИИ
 - VII. ГРЕЧЕСКАЯ НАУКА В РАННЕАТТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД
 - VIII. ПОСТСОКРАТОВСКАЯ НАУКА В АФИНАХ - ПЛАТОН, АРИСТОТЕЛЬ И ТЕОФРАСТ
 - IX. ГРЕЧЕСКАЯ НАУКА АЛЕКСАНДРИЙСКОГО Или ЭЛЛИНИСТИЧЕСКОГО ПЕРИОДА
 - X. НАУКА РИМСКОГО ПЕРИОДА
 - XI. РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ВЗГЛЯД НА КЛАССИЧЕСКУЮ НАУКУ
-

КНИГА II. ИСТОКИ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

- I. НАУКА В ТЕМНЫЕ ВЕКА
- II. СРЕДНЕВЕКОВАЯ НАУКА У АРАБОВ
- III. СРЕДНЕВЕКОВАЯ НАУКА На ЗАПАДЕ
- IV. НОВАЯ КОСМОЛОГИЯ — ОТ КОПЕРНИКА До КЕПЛЕРА И ГАЛИЛЕЯ
- V. ГАЛИЛЕЙ И НОВАЯ ФИЗИКА
- VI. ДВЕ ПСЕВДОНАУКИ - АЛХИМИЯ И АСТРОЛОГИЯ
- VII. ОТ ПАРАЦЕЛЬСА До ГАРВЕЯ
- VIII. МЕДИЦИНА В ШЕСТНАДЦАТОМ И СЕМНАДЦАТОМ ВЕКАХ
- IX. УЧЕНЫЕ-ФИЛОСОФЫ И НОВЫЕ УЧЕБНЫЕ ЗАВЕДЕНИЯ
- X. ПРЕЕМНИКИ ГАЛИЛЕЯ В ФИЗИЧЕСКОЙ НАУКЕ
- XI. НЬЮТОН И СОСТАВ СВЕТА

XII. НЬЮТОН И ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

XIII. ТОЧНЫЕ ПРИБОРЫ В ЭПОХУ НЬЮТОНА

XIV. ПРОГРЕСС В ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ От ГИЛБЕРТА И ФОН ГЕРИКЕ До ФРАНКЛИНА

XV. ЕСТЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ ДО ВРЕМЕН ЛИННЕЯ

КНИГА III. СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

I. ПРЕЕМНИКИ НЬЮТОНА В АСТРОНОМИИ

II. ПРОГРЕСС СОВРЕМЕННОЙ АСТРОНОМИИ

III. НОВАЯ НАУКА ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

IV. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИИ

V. НОВАЯ НАУКА МЕТЕОРОЛОГИЯ

VI. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРИИ ТЕПЛА И СВЕТА

VII. СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И МАГНЕТИЗМА

VIII. СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ

IX. ЭФИР И ВЕСОМАЯ МАТЕРИЯ

КНИГА IV. СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

I. ТЕОРИЯ ФЛОГИСТОНА В ХИМИИ

II. ИСТОКИ СОВРЕМЕННОЙ ХИМИИ

III. ХИМИЯ СО ВРЕМЕН ДАЛЬТОНА

IV. АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ В ВОСЕМНАДЦАТОМ ВЕКЕ

V. АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ В ДЕВЯТНАДЦАТОМ ВЕКЕ

VI. ТЕОРИИ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

VII. МЕДИЦИНА ВОСЕМНАДЦАТОГО ВЕКА

VIII. МЕДИЦИНА ДЕВЯТНАДЦАТОГО ВЕКА

IX. НОВАЯ НАУКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПСИХОЛОГИИ

X. НОВАЯ НАУКА ВОСТОЧНОЙ АРХЕОЛОГИИ

КНИГА V. АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

I. БРИТАНСКИЙ МУЗЕЙ

II. ЛОНДОНСКОЕ КОРОЛЕВСКОЕ ОБЩЕСТВО ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЗНАНИЙ

III. КОРОЛЕВСКИЙ ИНСТИТУТ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

IV. НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЛАБОРАТОРИИ И ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

V. МОРСКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ В НЕАПОЛЕ

VI. ЭРНСТ ГЕККЕЛЬ И НОВАЯ ЗООЛОГИЯ

VII. НЕКОТОРЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ЛАБОРАТОРИИ И МЕДИЦИНСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

VII. НЕКОТОРЫЕ НЕРЕШЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

IX. РЕТРОСПЕКТИВА И ПЕРСПЕКТИВА